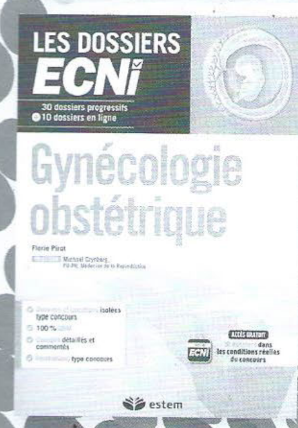
IMAGERIE MÉDICALE PRATIQUE

2e ÉDITION

CONSTANCE
DE MARGERIE-MELLON

- Techniques des principaux examens
- Sémiologie radiologique par appareils
- Liens avec les items du nouveau programme
- Plus de 700 clichés et schémas explicatifs

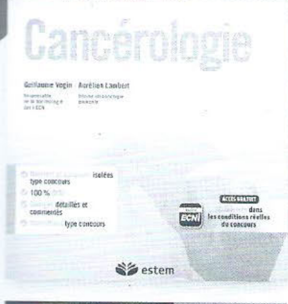
TOUT POUR RÉUSSIR !

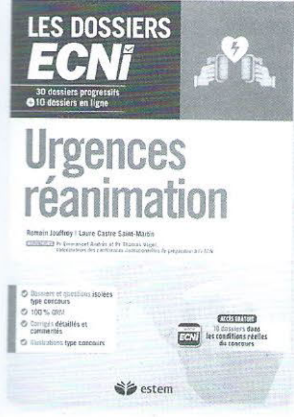


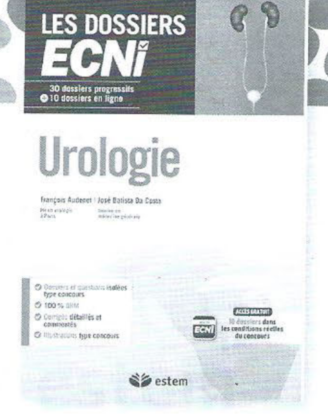
La collection les Dossiers ECNi

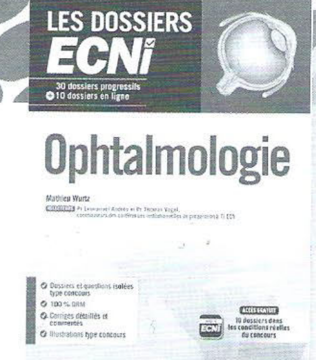
Après avoir brillé aux ECN, les auteurs de la collection « Les dossiers ECNi » ont rédigé pour vous ces ouvrages qui vous permettront de vous entraîner pour qu'à votre tour vous puissiez accéder au sommet du classement !

Grâce à ces ouvrages vous pourrez vous mettre en situation de concours, leur contenu est adapté aux nouvelles modalités ECNi et ils ont été validés par des PU-PH spécialistes en la matière et investis dans le nouveau concours ECNi !









LES DOSSIERS ECNi
30 dossiers progressifs
10 dossiers en ligne
Ophtalmologie
estem

En librairie et sur www.estem.fr

Imagerie médicale

pratique

2e édition

Constance de Margerie-Mellon

Éditions ESTEM
4, rue de la Michodière, 75002 Paris
Tél. : 01 72 36 41 60
Fax : 01 72 36 41 70
E-mail : info@estem.fr

Illustrations :
© Constance de Margerie-Mellon pour les clichés radiologiques et la plupart des dessins.
© Anne-Christel Rolling pour les dessins pages 118, 217, 278, 315, 337 (haut).

ISBN 978-2-84371-825-0

Préface

« La simplicité est la sophistication suprême. »
Léonard de Vinci

Il ne peut subsister de côté artistique à la médecine qu'avec la passion et l'étonnement. Tout connaître est désormais impossible et l'angoisse naissante de l'erreur, de l'oubli fait resurgir ce principe fondamental de simplification. Raisonner est le moteur de toute la vie du médecin. S'étonner de l'inhabituel est aujourd'hui une qualité nécessaire à tout clinicien et évite bien des erreurs. Elle permet aussi de toujours apprendre, de connaître ses limites pour orienter au mieux le malade. Ainsi, le plus important est d'être polyvalent, d'avoir des bases solides et de savoir quand faire appel aux spécialistes. Cela renforce la dimension clinique de la médecine, qui part d'une plainte pour y revenir avec un traitement.

Sur ce chemin parfois complexe, l'innovation a apporté des outils permettant d'explorer le corps humain et de mettre le doigt sur une maladie. Parmi eux, l'imagerie médicale est sans conteste un progrès majeur ayant permis de comprendre beaucoup de situations jusqu'alors inexplicables. Les examens radiologiques se sont alors multipliés et tiennent aujourd'hui une place de premier ordre dans la vie des cliniciens. S'exercer l'œil est nécessaire, prend du temps et pour cette raison, doit débuter le plus tôt possible. Si cet œil est l'outil roi du radiologue, il ne faut pas perdre de vue que sans une belle histoire contée par le clinicien, l'art n'y est plus, l'image perds son sens ou fait courir le risque pour le malade de « subir » d'autres investigations dangereuses, coûteuses, inutiles… Ainsi, « bénéficier » d'un examen complémentaire prend tout son sens. L'examen radiologique obéit à la même règle fondamentale, *primum non nocere*. Il doit rester un gain, à la lumière d'une coopération saine entre cliniciens et radiologues, enrichis mutuellement et inséparables. De cette nécessité et aussi du manque de sources adaptées aux cliniciens en formation ou aguerris, sont nées les lignes qui suivent.

Ce guide a été conçu dans cet esprit de simplification, de pédagogie, de clarté.

Je remercie chaleureusement Constance de Margerie-Mellon d'avoir complété avec passion ce vide et mené à terme ce projet de sémiologie médicale, clinique et paraclinique.

J'espère que vous ferez de ce guide le complément indissociable de votre examen clinique et le terreau fertile de votre connaissance éclairée.

Baptiste Coustet
Conférencier d'internat, correcteur d'annales, auteur de cas cliniques
et de l'ouvrage *Sémiologie médicale* (éditions Estem)

L'auteur

Constance de Margerie-Mellon est chef de clinique en radiologie et conférencière d'ECN. Depuis toujours intéressée par l'enseignement, elle souhaite par cet ouvrage faire découvrir aux plus jeunes, futurs prescripteurs d'imageries, sa spécialité.

Remerciements :
Un grand merci à tous ceux qui ont permis l'existence de ce livre.
À Baptiste Coustet qui m'a proposé de me lancer dans cette longue aventure !
À mes chefs de service et à toutes leurs équipes. En radiologie : Dr Soussen, Dr Scherrer, Pr Grenier, Pr Menu, Pr Frija, Pr Laredo, Pr Meder, Prs Brillet et Brauner. En médecine nucléaire : Dr Tainturier, grâce à qui j'ai appris tout ce je voudrais partager ici.
À ceux avec qui j'ai eu la chance de travailler et qui, en preuve de leur amitié, ont accepté le fastidieux travail de me relire : Dan Toledano, Julien Cazejust, Karen Benisty, Muriel Elhai.
Aux radiologues et non radiologues qui m'ont aidée à compléter l'iconographie (en plus des précédents…) : Virginia Gaxotte, Ana Ruiz, Laurence Monnier-Cholley, Clarisse Lafont, Sanaa Aladlouni et Audrey Morel, ainsi que Guillaume Mellon, Baptiste Coustet, Elisabeth Truffert, Anthony Dohan, Charles Mellerio, Marine Devaux-Bricout et Sylvain Breton.
À Guillaume qui m'a soutenue pendant presque un an, à Ernest et Armand.

Constance de Margerie-Mellon

Correspondances entre les items du nouveau programme des ECN et les chapitres du livre

L'organisation de ce livre suit une démarche logique en décrivant d'abord les techniques d'imagerie, les indications et contre-indications des examens, la radio-anatomie et enfin la sémiologie radiologique appareil par appareil.
Le tableau suivant met en correspondance les items du nouveau programme des ECN et les chapitres de ce livre. Toutefois, certains items sont traités de façon transversale au long de l'ouvrage.

	Intitulé de l'item	Titre du chapitre/de la partie	Pages
22.	Grossesse normale	Urgences gynécologiques et obstétricales du premier trimestre	498-499
24.	Grossesse extra-utérine	Urgences gynécologiques et obstétricales du premier trimestre	498-499
26.	Prévention des risques fœtaux : infection, médicaments, toxiques, irradiation	Radioprotection et grossesse	68-71
34.	Anomalies du cycle menstruel. Métrorragies	Léiomyome utérin	500-501
37.	Stérilité du couple : conduite de la première consultation	Adénomyose et endométriose	501-502
39.	Algies pelviennes chez la femme	Urgences gynécologiques et obstétricales du premier trimestre	498-499
		Adénomyose et endométriose	501-502
48.	Pathologie génito-scrotale chez le garçon et chez l'homme	Pathologie testiculaire non tumorale	478-479
51.	Retard de croissance staturo-pondérale	Calcul d'un âge osseux	445
		Rachitisme	446
52.	Boiterie chez l'enfant	Ostéochondrite primitive de la hanche	446-447
		Épiphysiolyse fémorale supérieure	448-449
		Synovite aiguë transitoire de la hanche	450
88.	Pathologie des glandes salivaires	Pathologie des glandes salivaires	488-489
91.	Compression médullaire non traumatique et syndrome de la queue de cheval	Compression médullaire	349-353
93.	Radiculalgie et syndrome canalaire	Lomboradiculalgies et névralgies cervico-brachiales	395-399
102.	Sclérose en plaques	Sclérose en plaque	326-328
106.	Confusion, démences	Atrophie cérébrale et démences	325-326
123.	Hypertrophie bénigne de la prostate	Hypertrophie bénigne de la prostate	474-475
125.	Arthrose	Arthrose	356-366
129.	Troubles cognitifs du sujet âgé	Atrophie cérébrale et démences	325-326
145.	Infections naso-sinusiennes de l'adulte et de l'enfant	Pathologie de l'oreille et des sinus	486-487
147.	Otites infectieuses de l'adulte et de l'enfant	Pathologie de l'oreille et des sinus	486-487

Intitulé de l'item		Titre du chapitre/de la partie	Pages
148.	Méningites, méningoencéphalites chez l'adulte et l'enfant	Encéphalite herpétique	347-348
151.	Infections bronchopulmonaires communautaires de l'adulte et de l'enfant	Pneumonies communautaires	228-230
153.	Infections ostéo articulaires (IOA) de l'enfant et de l'adulte	Appareil locomoteur : pathologie infectieuse	392-394
155.	Tuberculose de l'adulte et de l'enfant	Tuberculose pulmonaire	231-235
157.	Infections urinaires de l'enfant et de l'adulte	Pyélonéphrite et ses complications	459-461
		Prostatite aiguë et ses complications	473-475
165.	Infections à VIH	Pneumocystose pulmonaire	236-237
176.	Risques sanitaires liés aux irradiations. Radioprotection	Radioprotection	63-71
182.	Hypersensibilités et allergies chez l'enfant et l'adulte : aspects physiopathologiques, épidémiologiques, diagnostiques et principes de traitement	Produits de contraste en TDM et radiologie conventionnelle	78-85
192.	Polyarthrite rhumatoïde	Polyarthrite rhumatoïde	371-373
193.	Spondyloarthrite ankylosante	Spondylarthropathies	374-375
194.	Arthropathie microcristalline	Rhumatismes microcristallins	366-370
202.	Épanchement pleural	Épanchement pleural liquidien	249-252
206.	Pneumopathie interstitielle diffuse	Pneumoconioses	241-243
		Autres pneumopathies interstitielles diffuses	244-245
207.	Sarcoïdose	Sarcoïdose pulmonaire	238-241
221.	Hypertension artérielle de l'adulte	Sténose des artères rénales	193-195
223.	Artériopathie oblitérante de l'aorte, des artères viscérales et des membres inférieurs ; anévrysmes	Artériopathie oblitérante des membres inférieurs	196-198
		Anévrysme de l'aorte et de ses branches	191-193
224.	Thrombose veineuse profonde et embolie pulmonaire	Appareil cardio-vasculaire : pathologie thromboembolique	183-187
228.	Douleur thoracique aiguë et chronique	Dissection aortique	188-190
232.	Insuffisance cardiaque de l'adulte	Œdème aigu du poumon cardiogénique	180-182
239.	Goitre, nodules thyroïdiens et cancers thyroïdiens	Pathologie thyroïdienne et parathyroïdienne	490-492
240.	Hyperthyroïdie		
241.	Hypothyroïdie		
242.	Adénome hypophysaire	Tumeurs cérébrales primitives	329-333
255.	Élévation de la créatininémie	Insuffisance rénale	461-464
261.	Insuffisance rénale chronique chez l'adulte et l'enfant	Insuffisance rénale chronique	462-464
262.	Lithiase urinaire	Pathologie lithiasique	456-458
263.	Polykystose rénale	Tumeurs rénales bénignes	464-467
267.	Douleurs abdominales et lombaires aiguës chez l'enfant et chez l'adulte	Appareil digestif : urgences chirurgicales	262-275
		Pancréatite aiguë	293-295
		Pathologie lithiasique	456-468
		Pyélonéphrite et ses complications	459-461
273.	Hépatomégalie et masse abdominale	Maladies diffuses du foie	276-279
		Lésions hépatiques focales	280-292
274.	Lithiase biliaire et complications	Pathologie vésiculaire	272-275
276.	Cirrhose et complications	Cirrhose	277-279
278.	Pancréatite chronique	Pancréatite chronique	295-297

	Intitulé de l'item	Titre du chapitre/de la partie	Pages
279.	Maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI) chez l'adulte et l'enfant	Maladies inflammatoires du colon et de l'intestin	303-305
284.	Diverticulose colique et diverticulite aiguë du sigmoïde	Diverticulite	264-265
295.	Tumeurs de la cavité buccale, naso-sinusiennes et du cavum, et des voies aérodigestives supérieures	Cancers de la cavité buccale et des voies aérodigestives supérieures	493-496
296.	Tumeurs intracrâniennes	Tumeurs cérébrales primitives	329-333
		Lésions cérébrales secondaires	333-335
297.	Tumeurs du col utérin, tumeur du corps utérin	Cancers du col utérin et de l'endomètre	502-504
298.	Tumeurs du côlon et du rectum	Cancers du colon et du rectum	306-308
300.	Tumeurs de l'estomac	Autres cancers digestifs	308-309
301.	Tumeurs du foie, primitives et secondaires	Tumeurs malignes du foie	288-292
302.	Tumeurs de l'œsophage	Autres cancers digestifs	308-309
303.	Tumeurs de l'ovaire	Cancer de l'ovaire	507-509
304.	Tumeurs des os primitives et secondaires	Tumeurs osseuses primitives	385-389
		Lésions osseuses secondaires	389-391
305.	Tumeurs du pancréas	Tumeurs pancréatiques solides	298-301
306.	Tumeurs du poumon primitives et secondaires	Cancer broncho-pulmonaire primitif	253-257
		Lésions secondaires pulmonaires	257-260
307.	Tumeurs de la prostate	Cancer de la prostate	475-477
308.	Tumeurs du rein	Cancer du rein	467-470
309.	Tumeurs du sein	Cancer du sein	510-514
310.	Tumeurs du testicule	Cancer du testicule	479-480
311.	Tumeurs vésicales	Cancer de la vessie	470-472
316.	Lymphomes malins	Lymphome	520-523
317.	Myélome multiple des os	Myélome multiple des os	383-385
329.	Prise en charge immédiate pré-hospitalière et à l'arrivée à l'hôpital, évaluation des complications chez : un brûlé, un polytraumatisé, un traumatisé abdominal, un traumatisé des membres, un traumatisé du rachis, un traumatisé thoracique, un traumatisé oculaire, un patient ayant une plaie des parties molles	Appareil locomoteur : pathologie traumatique	400-444
335.	Accidents vasculaires cérébraux	Accidents vasculaires cérébraux	313-321
336.	Hémorragie méningée	Hémorragie sous-arachnoïdienne non traumatique	322-324
343.	Insuffisance rénale aiguë - Anurie	Insuffisance rénale aiguë organique	461-462
349.	Syndrome occlusif de l'enfant et de l'adulte	Occlusion intestinale	267-271
351.	Appendicite de l'enfant et de l'adulte	Appendicite	262-264
353.	Pancréatite aiguë	Pancréatite aiguë	293-295
356.	Pneumothorax	Pneumothorax	246-248
357.	Lésions péri-articulaires et ligamentaires du genou, de la cheville et de l'épaule	Lésions ligamentaires du genou	408-410
		Lésions méniscales du genou	410-413
		Traumatismes de la cheville et de l'arrière pied	415-419
359.	Fractures fréquentes de l'adulte et du sujet âgé	Traumatismes de la hanche	405-407
		Fractures de l'extrémité inférieure du radius	431-433
360.	Fractures chez l'enfant : particularités épidémiologiques, diagnostiques et thérapeutiques	Fractures de l'enfant	451-454

Table des matières

PARTIE 1 : TECHNIQUES D'IMAGERIE

PARTIE 2 : SÉMIOLOGIE RADIOLOGIQUE PAR APPAREILS

Partie 1

TECHNIQUES D'IMAGERIE

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- **Appréhender les bases physiques des différentes techniques d'imagerie. Cela permet de comprendre la sémiologie radiologique, mais aussi d'expliquer les principales indications, contre-indications et limites de chaque examen.**
- **Appuyer particulièrement les problèmes de la radioprotection, cruciale en raison de l'augmentation importante des prescriptions d'examens utilisant des rayonnements ionisants, et de l'utilisation des produits de contraste.**
- **Intégrer la démarche de prescription d'un examen d'imagerie, afin qu'il soit le plus bénéfique pour le patient sans risque disproportionné pour sa santé.**
- **Connaître les différentes modalités existantes pour chaque type d'examen, ainsi que leurs grandes indications.**
- **Enfin, savoir reconnaître les structures anatomiques principales sur des examens courants (radiographies de thorax et ostéo-articulaires, TDM thoraco-abdomino-pelvienne et cérébrale, IRM cérébrale).**

Sous-partie 1

Principes techniques des principaux examens d'imagerie et sémiologie générale

Dans cette première partie, les bases techniques des principaux examens d'imagerie sont résumées, ainsi que la sémiologie générale qui en découle.
L'explication des principes physiques sur lesquels reposent radiographie conventionnelle, échographie, TDM et IRM est voulue la plus simple possible, cependant l'utilisation de quelques termes techniques ne peut être évitée. Il n'en reste pas moins que pour appréhender la sémiologie radiologique, une compréhension minimale de ces bases physiques est indispensable. Le lecteur est donc invité à revenir autant que nécessaire sur ces paragraphes techniques au cours de sa lecture des chapitres suivants.

Chapitre 1
Radiographie conventionnelle

1 Technique

1.1 Définitions

Dans cette section, nous vous rappelons certaines définitions indispensables à la compréhension des techniques utilisées en imagerie.

1.1.1 Onde

C'est la propagation d'une perturbation produisant sur son passage une variation réversible des propriétés physiques locales. Elle transporte de l'énergie sans transporter de matière.
Une onde est dite périodique si cette perturbation se répète de façon identique au cours du temps. Elle se caractérise alors par sa période temporelle (ou sa fréquence) et sa longueur d'onde.

1.1.2 Période temporelle

C'est la plus courte durée nécessaire pour qu'un phénomène périodique se reproduise à l'identique. Elle est souvent appelée T. Son unité est la seconde (s). La fréquence de l'onde, souvent nommée ν, et exprimée en Hertz (Hz) est liée à la période par la relation :

$$\nu = 1 / T$$

1.1.3 Longueur d'onde

Elle est l'équivalent spatial de la période temporelle. Elle correspond à la distance parcourue par l'onde au cours d'une période temporelle. On l'appelle également période spatiale. Elle est souvent nommée λ et est exprimée en mètre (m).
Longueur d'onde (λ), période temporelle (T), vitesse de propagation (c) et fréquence (ν) de l'onde sont liées par la formule :

$$\lambda = cT = c / \nu$$

1.1.4 Rayonnement électromagnétique

C'est une perturbation du champ magnétique et du champ électrique. Il est produit par un champ électrique et un champ magnétique perpendiculaires, oscillant en phase. Son vecteur est le photon. L'onde électromagnétique est une représentation de ce phénomène.

115 Ondes électromagnétiques

Modèle de représentation du rayonnement électromagnétique, c'est un ensemble d'ondes de nature similaire (ne nécessitant pas de milieu matériel pour se propager) mais dont les longueurs d'ondes sont différentes. Elles regroupent les ondes radio, les micro-ondes, les rayons infrarouges, les rayons visibles, les rayons ultraviolets (UV), les rayons X et les rayons gamma.

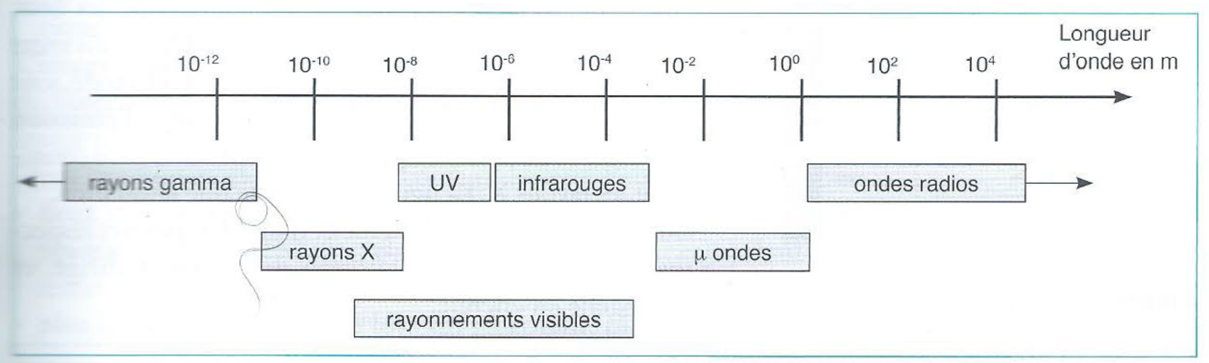


Figure I – Ondes électromagnétiques

116 Photon

C'est une particule élémentaire qui compose le rayonnement électromagnétique et qui est médiatrice de son action. Il est caractérisé par une énergie, proportionnelle à la fréquence de l'onde électromagnétique considérée.

117 Ionisation

Elle désigne la production d'ions, conséquences de l'ajout ou de la soustraction de charges à un atome ou à une molécule.

12 Principe physique

La radiographie conventionnelle est une technique basée sur **l'analyse de l'atténuation d'un faisceau de rayons X au travers des tissus.**

Le rayon X :

- est un rayonnement électromagnétique de haute fréquence (sa longueur d'onde est comprise entre 10^{-8} et 10^{-11} m) ;
- est également appelé **rayonnement ionisant**, car il est responsable d'ionisations dans la matière qu'il traverse ;
- est composé de **photons**.

Pour aller plus loin

Un peu d'histoire…

Les rayons X ont été découverts par un physicien allemand, Wilhelm Roentgen, en 1895. Ils ont été nommés ainsi car leur nature était inconnue. La première radiographie obtenue est celle, célèbre, de la main de la femme du scientifique. Initialement, le patient radiographié devait garder la pose pendant vingt minutes ! Et bien sûr, les effets secondaires des rayonnements ionisants n'étaient pas connus…

1.3 Étapes d'obtention d'une image radiographique

1.3.1 Production des rayons X

Elle se fait grâce à un **tube à rayons X**, formé de deux électrodes :
- un filament qui sert de **cathode** ;
- une **anode**, constituée d'un métal, appelé « cible ».

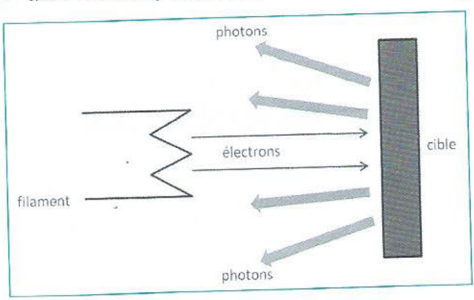


Figure 2 - Production des rayons X

Une haute tension électrique est appliquée entre les deux électrodes : il se produit alors un courant d'électrons entre l'anode et la cathode. Les électrons, projetés vers l'anode, sont freinés par les atomes de la cible, ce qui provoque **l'émission d'énergie sous forme de photons.** Ces photons émis constituent les rayons X. La figure 2 en donne une illustration. L'utilisation d'un diaphragme et d'un filtre permet respectivement d'obtenir un faisceau de rayons X dirigé, et homogène en énergie.

Pour aller plus loin

Les rayons gamma

Les rayons gamma, utilisés en médecine nucléaire, sont de même nature et de même énergie que les rayons X. La distinction vient de leur mode de production : ce sont des photons produits par les noyaux des atomes tandis que les rayons X sont produits par les électrons des atomes. Rayons X et rayons gamma sont des rayonnements ionisants.

1.3.2 Traversée de l'objet

Le faisceau de rayons X ainsi obtenu est dirigé vers l'objet à radiographier.
Il subit une **absorption** (ou atténuation) variable, qui varie en fonction de trois facteurs :
- **l'épaisseur des tissus traversés** ; plus cette épaisseur augmente, plus l'absorption du faisceau de rayons X est importante ;
- **la nature des tissus** ; chaque tissu est caractérisé par un coefficient d'absorption propre ;
- **l'énergie du rayonnement** ; plus l'énergie des rayons X est importante, plus l'absorption des rayons dans les tissus est faible.

Creusons le sujet

Le coefficient d'absorption (ou d'atténuation)

La notion fondamentale en radiographie conventionnelle est celle de densité. La densité est une grandeur physique qui dépend du coefficient d'absorption (ou d'atténuation) des rayons X par chaque tissu.
Ce coefficient d'absorption varie en fonction de la composition chimique du tissu. Il est élevé pour les tissus composés d'atomes à numéro atomique élevé, comme l'os, contenant du calcium. Il est plus faible pour les tissus mous composés principalement d'oxygène, de carbone, d'hydrogène ou d'azote, atomes à numéro atomique bas.
Les rayons X sont fortement atténués par un tissu qui possède un coefficient d'absorption élevé.
A contrario, ils sont faiblement atténués si le coefficient d'absorption est bas.

1.3.3 Formation de l'image

Les rayons X non absorbés après la traversée de l'objet, c'est-à-dire le faisceau résiduel, sont **recueillis par un récepteur** *(voir figure 3)*.

Ce récepteur peut être :

- **un film photosensible**, contenu dans une cassette située en arrière de l'objet ; le film contient alors une image latente qui est révélée par un processus de développement ; c'est le principe de la **radiographie analogique**, employée historiquement ;
- **un détecteur sensible aux rayons** ; ce détecteur, selon la technologie utilisée, fournit directement ou indirectement l'information à l'ordinateur qui restitue l'image finale. Cette image peut ensuite être imprimée sur un film et/ou consultée sur un écran ; c'est le principe de la **radiographie numérique**, actuellement de plus en plus répandue.

L'image radiologique obtenue est une projection, correspondant à la sommation des atténuations du faisceau dans les différentes structures traversées. D'un objet en trois dimensions, on obtient une image plane en deux dimensions.

Deux conséquences pratiques découlent de cette notion de projection :

- **deux structures situées dans des plans différents apparaissent superposées sur l'image** *(voir figure 4)* ; certains éléments sémiologiques permettent cependant de les différencier (densités différentes, lignes et bords : *voir ci-après « Sémiologie »*) ;
- **plus la structure est située loin du récepteur, plus elle apparaît agrandie sur la projection**.

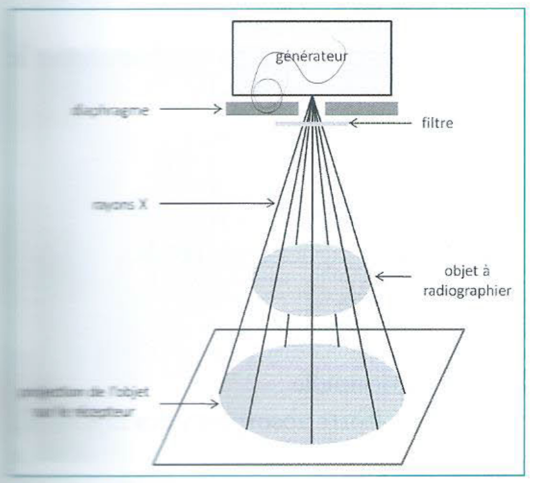


Figure 3 - Formation de l'image

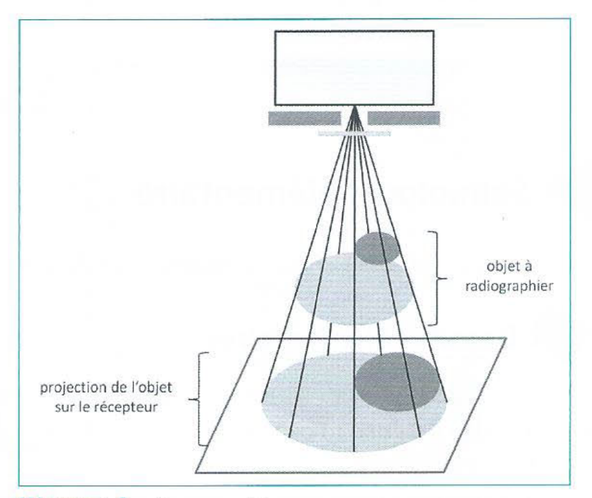


Figure 4 - Superposition
Sur l'image, les deux objets apparaissent superposés alors que l'objet gris foncé est situé en avant de l'objet gris clair.

Pour aller plus loin

La numérisation

Il s'agit d'une conversion d'un signal analogique (ici d'une image) en une suite de nombres permettant de représenter cette image informatiquement.

La numérisation peut être primaire (l'image obtenue est directement une image numérique) ou secondaire (l'image analogique est convertie secondairement en image numérique).

Ses intérêts sont multiples :

- elle permet la réalisation de mesures de densité, de longueur ou de surface ;
- elle permet un traitement de l'image *a posteriori* : par exemple, en cas de contraste insuffisant, secondaire à une mauvaise utilisation des réglages en amont de la réalisation du cliché, le traitement informatique permet de récupérer une information satisfaisante ;
- elle rend possible un archivage des données et une lecture différée ou une relecture.

2 Sémiologie

2.1 Terminologie

L'image radiographique est une image **en niveaux de gris**. Ces différents niveaux de gris correspondent à des **différences d'atténuation du faisceau de rayons X**. Ils représentent donc des densités différentes (parfois appelées tonalités).
On identifie deux types de structure sur une radiologie : les **opacités** et les **clartés.**

Type de structure	Absorption des rayons X	Aspect radiologique
Opacité	Plus forte absorption des rayons X que les tissus environnants	Plus blanche que le tissu environnant
Clarté	Plus faible absorption des rayons X que les tissus environnants	Plus noire que le tissu environnant

L'adjectif **radio-opaque** est utilisé pour décrire tout élément qui atténue le faisceau de rayons X, et qui sera potentiellement visible sur un cliché de radiographie conventionnelle.
L'adjectif **radiotransparent** est utilisé pour décrire un élément qui n'atténue pas suffisamment le faisceau de rayons X pour être visible sur un cliché de radiographie conventionnelle.

2.2 Sémiologie élémentaire

Elle se base à la fois sur des différences de densité et sur la présence de lignes et de bords.

2.2.1 Densités élémentaires

On distingue quatre densités élémentaires en radiographie conventionnelle :
- la **densité osseuse** : l'os possède un coefficient d'absorption élevé (forte absorption des rayons X), il apparaît en blanc sur un cliché ;
- la **densité hydrique** (eau et tissus mous), apparaissant en gris clair ;
- la **densité graisseuse** : la graisse atténue moins les rayons X que l'eau, elle apparaît donc d'un gris plus foncé (plus proche du noir) que l'eau ;
- la **densité aérique** : l'air n'atténue quasiment pas les rayons X, il apparaît donc en noir sur le cliché.

2.2.2 Lignes et bords

La différence de densité entre les différentes structures ne suffit pas à obtenir une image lisible : il faut également individualiser des lignes et des bords :
- les **lignes** sont formées par des opacités linéaires déterminant deux interfaces, par exemple air-eau et eau-air (dans le cas d'une scissure cernée de part et d'autre du parenchyme pulmonaire) ;
- les **bords** sont constitués par une seule interface, par exemple air-eau (bord du cœur, cerné par le parenchyme pulmonaire).

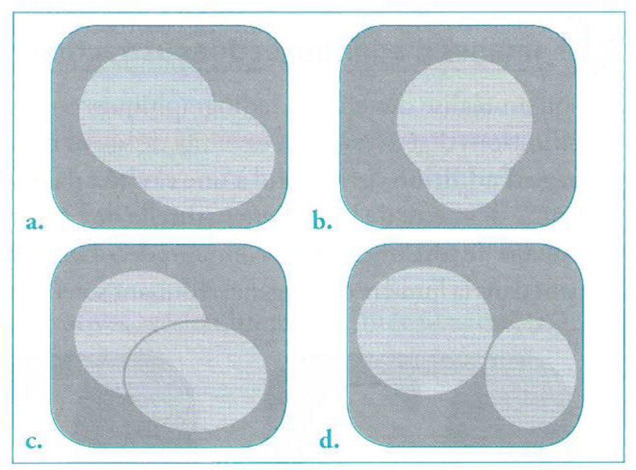
La visualisation de bords et de lignes individualisant deux structures de densités différentes sur un cliché n'est possible **que si l'interface les séparant est abordée tangentiellement par le faisceau de rayons X** (loi de tangence).
Si l'interface n'est pas abordée tangentiellement, les deux structures apparaîtront superposées et non distinctes.

2.2.3 Signe de la silhouette

Le signe de la silhouette (signe de Felson) est un signe fondamental qui permet de localiser deux structures l'une par rapport à l'autre. Il est très utile en radiographie thoracique.

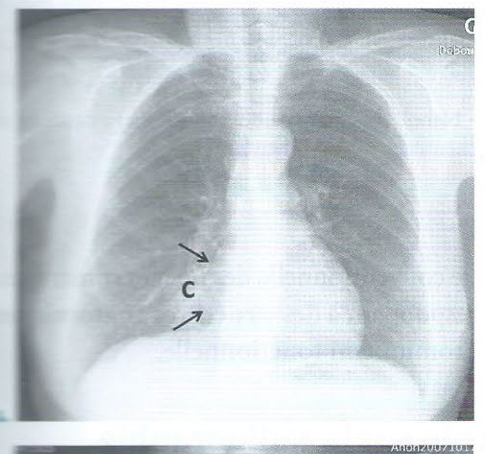
Deux structures de même densité :

- ne sont **pas distinguables** si elles sont situées **dans le même plan** transversal par rapport au rayon incident (pour un rayon horizontal, plan antérieur ou postérieur). C'est le signe de la silhouette positif : deux opacités se traduisent par une seule silhouette sur l'image (image *a* de la figure 5) ;
- sont **distinguables** si elles sont situées **dans des plans différents**. C'est le signe de la silhouette négatif (image *c* de la figure 5).

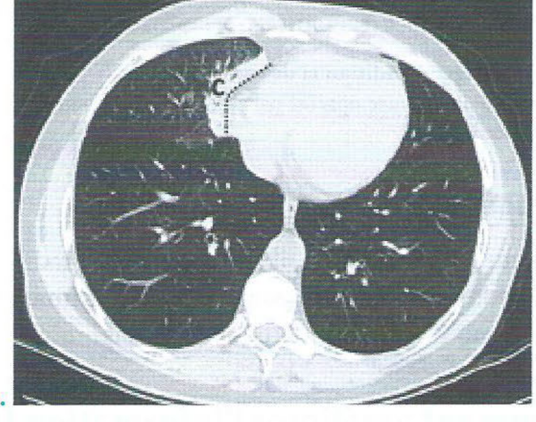


a. deux structures situées dans le même plan antéropostérieur vues de face ; **b.** mêmes structures que a vues de profil ; **c.** deux structures situées dans des plans antéropostérieurs différents vues de face ; **d.** mêmes structures que c vues de profil.

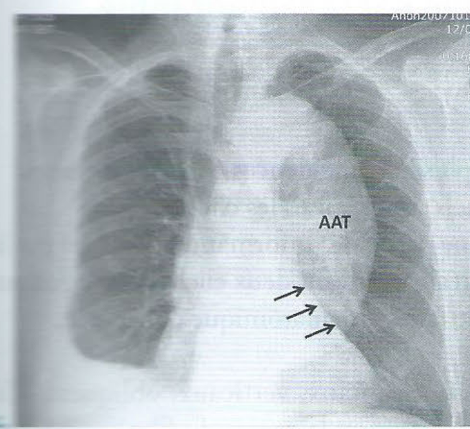
Figure 5 - Explication du signe de la silhouette



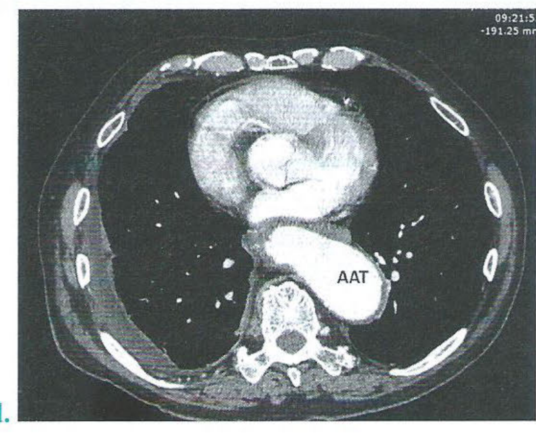
a.



b.



c.



d.

Figure 6 - Exemples de signes de la silhouette positif et négatif

a. radiographie de thorax de face, montrant une condensation alvéolaire du poumon droit (« C ») effaçant le bord droit du cœur (flèches) ; **b.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse, du même patient, montrant de la même façon l'effacement du bord droit du cœur (trait pointillé) par la condensation. La condensation est en effet située dans le même plan que le bord du cœur, c'est-à-dire dans le lobe moyen ; **c.** radiographie de thorax de face, montrant un anévrysme de l'aorte thoracique (« AAT »). Le bord gauche du cœur reste bien visible (flèches) ; **d.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre médiastinale du même patient, montrant l'anévrysme aortique qui est situé dans un plan plus postérieur que le bord gauche du cœur. Cela explique que ce bord du cœur reste visible sur la radiographie de thorax.

2.2.4 Images d'addition et de soustraction

Lorsqu'on réalise des clichés radiographiques couplés à l'utilisation de produit de contraste pour les opacifications digestives, il est essentiel de savoir distinguer image d'addition et image de soustraction. L'**image d'addition** correspond à une **cavité opacifiée par le produit de contraste**, augmentant localement le diamètre de la lumière naturelle de l'organe, par exemple dans le cas d'un ulcère gastrique. Une **image de soustraction**, au contraire, décrit **un défaut d'opacification** secondaire à une lésion se développant dans la lumière de l'organe, réduisant son calibre, par exemple dans le cas d'une tumeur végétante.

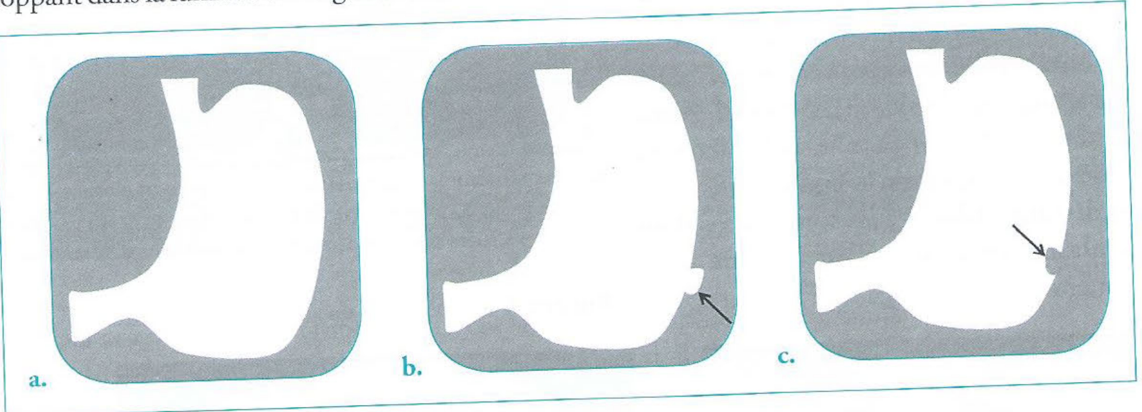


Figure 7 - Images d'addition et de soustraction
a. radiographie d'un estomac opacifié par du produit de contraste oral (en blanc) ; **b.** image d'addition (flèche) ; **c.** image de soustraction (flèche).

2.2.5 Images construites

Compte tenu de la projection, il faut se méfier en radiographie conventionnelle des images construites. Ces images sont formées par la **superposition d'images** correspondant à des **structures anatomiques différentes**, qui n'ont elles-mêmes aucune signification anatomique ni fonctionnelle.

2.3 Comment améliorer l'information fournie par la radiographie conventionnelle ?

2.3.1 Pratique de plusieurs incidences

La plupart des clichés radiographiques sont réalisées selon plusieurs incidences complémentaires. Ces incidences correspondent à différents angles sous lesquels sont réalisés les clichés.
La pratique de différentes incidences permet de récupérer une partie des informations perdues par la superposition des éléments anatomiques sur un cliché. On réalise souvent deux clichés orthogonaux (face et profil), parfois plus, en fonction de la complexité de la région anatomique concernée.
Les incidences diffèrent :

- **selon la direction du rayonnement directeur :** rayons horizontaux, verticaux, obliques… (le rayon directeur étant la ligne passant par le centre du faisceau vers le centre du film) ;
- **selon la position de la structure à radiographier** (pour une articulation : flexion, extension, rotation…).

2.3.2 Utilisation de produits de contraste

Lorsque les structures ne peuvent être individualisées naturellement, on peut utiliser des produits de contraste radio-opaques.

Ces produits de contraste sont constitués d'**atomes à numéro atomique élevé**, qui par conséquent **atténuent fortement les rayons X** et apparaissent en blanc sur l'image.
Ils sont de deux types :
- **produits de contraste à base de baryte**, employés pour les opacifications digestives uniquement ;
- **produits de contraste à base d'iode**.

Ces derniers s'utilisent par différentes voies :
- **voie intravasculaire** : en angiographie et en urographie intraveineuse ; on utilise le même type de produit qu'en tomodensitométrie ;
- **voie intracavitaire** : pour des opacifications digestives, vésico-urétérales, utéro-vaginales, intra-articulaires…

3 Effets secondaires

Les effets secondaires de la radiographie conventionnelle sont de deux types :
- liés aux **effets biologiques des rayons X** ;
- liés aux **produits de contraste**, lorsque ceux-ci sont utilisés.

Ces effets sont détaillés dans les chapitres 9 « Radioprotection », page 63 et 11 « Produits de contraste », page 78.

Chapitre 2
Tomodensitométrie (TDM)

1 Technique

1.1 Principe physique

La TDM, comme la radiographie conventionnelle, est basée sur **l'analyse de l'atténuation d'un faisceau de rayon X au travers des tissus.**
L'appareil de tomodensitométrie acquiert le volume de l'objet à explorer en procédant « tranche par tranche ». Chacune de ces tranches est appellée « coupe ». Contrairement à la radiographie conventionnelle qui est une imagerie de projection, la TDM est **capable de localiser précisément chaque élément de la coupe** anatomique, **et d'en déterminer la densité**.
Les rayons X, produits par un générateur, balayent l'objet, puis, atténués, sont recueillis par un détecteur. Les informations sont numérisées et analysées par un processeur informatique qui permet la visualisation de l'image.

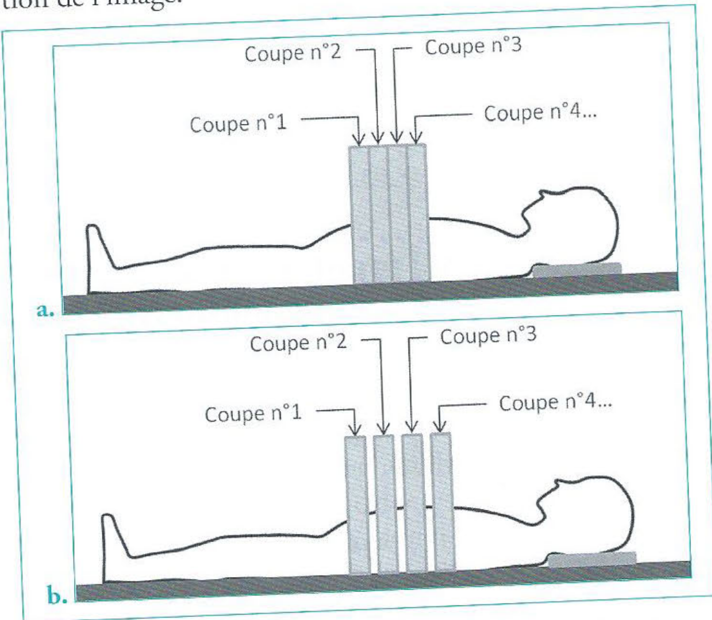


Figure 8 - Coupes tomodensitométriques jointives (a) et non jointives (b)
En fonction des possibilités techniques de l'appareil, et en fonction des données que l'on souhaite obtenir de l'examen, les coupes ont une épaisseur variable. Si l'on souhaite étudier des structures très fines (interstitium pulmonaire par exemple) il faudra utiliser des coupes très fines (millimétriques).

Pour aller plus loin

Un peu d'histoire...

La TDM repose sur le principe de tomographie, technique développée dès le début du XX^e siècle, qui permet de reconstruire le volume d'un objet à partir d'une série de mesures effectuées par tranche depuis l'extérieur de cet objet.
Le premier tomodensitomètre a été mis au point en 1972 par un ingénieur britannique, Godfrey Newbold Hounsfield, d'après les travaux publiés quelques années auparavant par un physicien américain, Allan MacLeod Cormack. Les deux scientifiques ont obtenu le prix Nobel de médecine en 1979 pour le « développement de la tomographie axiale calculée ».
Les premières images obtenues étaient des images cérébrales. Le temps d'acquisition et la résolution spatiale, initialement peu performants, se sont rapidement améliorés grâce à diverses innovations techniques.

12 Matériel

L'appareil de TDM est placé dans une salle dédiée, et isolé de façon à ce que les rayons X ne puissent diffuser en dehors de cette salle lorsque la porte est fermée, c'est-à-dire pendant la réalisation de l'examen lui-même.
Il est constitué d'une **table mobile** sur laquelle le patient est allongé, et d'un **anneau**.
La table se déplace au travers de cet anneau qui contient le **tube à rayons X** et les **détecteurs.**
Il est relié à un système informatique, la **console.** Cette console dirige la réalisation de l'examen et en reçoit les données.

12.1 Tube à rayons X

C'est un **générateur de rayons X** qui fonctionne de la même façon qu'en radiographie conventionnelle (deux électrodes reliées à un générateur haute tension). Ce tube à rayons X est situé dans l'anneau de l'appareil.
Le tube à rayons X est **mobile** : il effectue dans l'anneau une **rotation** de façon à couvrir l'ensemble du volume de l'objet à explorer.

12.2 Détecteurs

Ce sont les éléments qui reçoivent le faisceau atténué après son passage au travers de l'objet.
Ils sont **disposés sous forme d'une couronne**, dans l'anneau, face au tube à rayons X, et se déplacent en même temps que lui au cours de la rotation.
Puisque le couple tube-détecteurs effectue une rotation autour de l'objet, les détecteurs reçoivent une multitude d'informations, **correspondant aux faisceaux atténués** ayant traversé l'objet au cours de la rotation selon différentes projections.

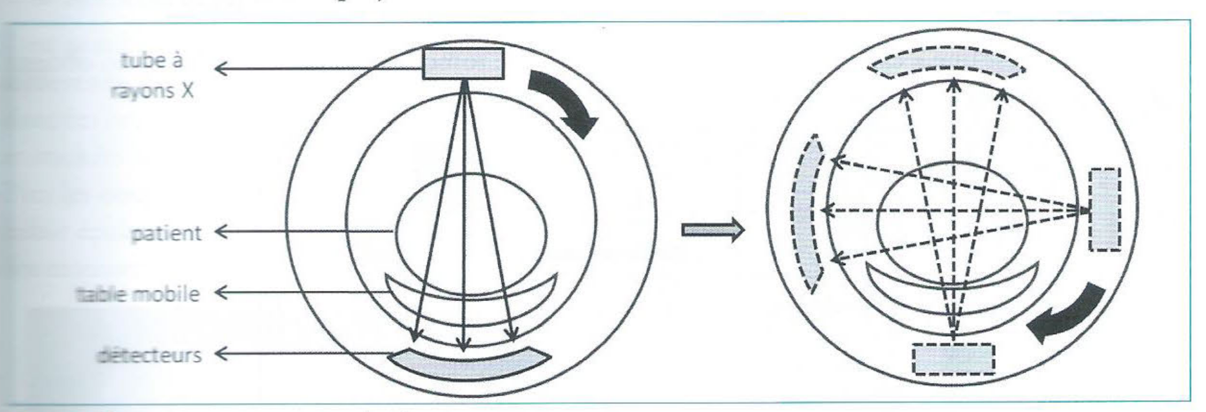


Figure 9 - **Rotation du couple tube-détecteurs**

Pour aller plus loin

Les modes d'acquisition

Il existe deux façons d'obtenir des informations nécessaires à la constitution de l'image tomodensitométrique :

- l'acquisition séquentielle : c'est l'acquisition qui était réalisée avec les premiers appareils. Lorsqu'une rotation complète est effectuée, la table se déplace de façon à explorer une nouvelle coupe de l'objet. Le volume à explorer est acquis « coupe par coupe », avec un intervalle fixe entre chaque coupe (coupes non jointives). Ce mode d'acquisition n'est plus utilisé ;
- l'acquisition hélicoïdale : c'est l'acquisition réalisée avec les nouveaux appareils. La table se déplace en même temps que la rotation du couple tube-détecteurs. Ses avantages sont la rapidité d'acquisition et l'obtention d'un balayage continu de l'ensemble du volume (coupes jointives). Ainsi, bien que l'acquisition soit réalisée selon des coupes axiales, des reconstructions dans n'importe quel plan de l'espace (coronal, sagittal, oblique…) sont possibles.

1.2.3 Système informatique

Il a plusieurs rôles : la commande des paramètres de l'acquisition, la formation de l'image, le post-traitement de l'image et son stockage.

Commande des paramètres de l'acquisition

Les paramètres d'acquisition de l'objet à explorer sont multiples. Ils varient en fonction du patient et de la question posée :

- définition du volume d'étude grâce au **topogramme** (cliché radiographique numérisé de face permettant de repérer le volume d'exploration souhaité) ;
- définition de l'**épaisseur de coupe** ;
- choix de la **taille de la matrice** (*voir ci-dessous « Formation de l'image »*) ;
- détermination du kilovoltage et du milli-ampérage (paramètres du générateur de rayons X) ;
- programmation du délai d'injection d'un éventuel produit de contraste…

Formation de l'image

Les informations sur les multiples projections des rayons X selon les différentes incidences sont recueillies par les **détecteurs**. Ces informations correspondent aux mesures des divers coefficients d'atténuation. Grâce à un **calculateur**, chaque information d'atténuation peut être **précisément localisée sur une matrice**. La matrice est un tableau constitué de lignes et de colonnes, définissant un nombre de carrés élémentaires appelés « **pixels** ». « Pixel » est la contraction de *picture* et *element*, il correspond au plus petit élément d'une surface d'affichage, auquel on associe une couleur (en photographie par exemple) ou un niveau de gris (en TDM).

À chaque pixel est attribuée une valeur d'atténuation, représentée sur l'image par un niveau de gris spécifique.

Cette matrice est une « carte topographique » de la coupe tomodensitométrique. Ainsi, on obtient une image anatomique, en niveau de gris, de l'objet irradié.

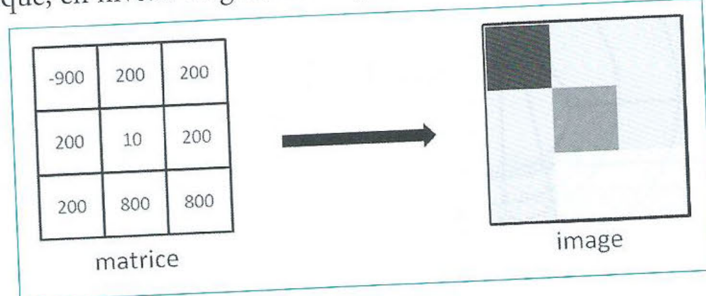


Figure 10 - Matrice

Les coefficients de densité des différents tissus sont exprimés en **unités Hounsfield** (UH) et leurs valeurs varient de – 1 000 à + 1 000 (*voir « Post-traitement de l'image » page suivante*).

Les images initiales (appelées images natives) sont obtenues dans le plan axial.

IMPORTANT : *Latéralisation sur une coupe axiale de TDM*

Par convention, la gauche de l'image correspond à la droite du patient. Ainsi, le foie sera situé sur l'image à gauche, et le cœur à droite.

Cette règle est la même pour les coupes axiales d'IRM, et est également valable pour les coupes coronales (aussi appelées frontales).

Post-traitement de l'image

C'est un **traitement informatique** effectué sur les images natives afin d'adapter l'image pour répondre aux questions posées, par exemple : modification du contraste et de la luminosité, reconstruction dans tel ou tel plan, augmentation de l'épaisseur de coupe.
De multiples opérations de post-traitement sont possibles afin d'adapter les données acquises au problème diagnostique posé, avec en premier lieu le fenêtrage et la reconstruction multiplanaire.

Fenêtrage

L'œil humain ne peut pas distinguer l'ensemble des informations de densité fournies par la TDM sur une seule image. Il est donc nécessaire de choisir les informations que l'on veut visualiser en fonction de l'organe étudié par le biais d'une **fenêtre spécifique** ; chaque fenêtre utile est caractérisée :
- **par un niveau** : il s'agit de la structure centrale qui sera représentée en gris moyen ;
- **par une largeur** : il s'agit de l'intervalle d'unités Hounsfield qui sera affiché à l'écran, autour du niveau. Tout pixel ayant une valeur plus grande que la limite supérieure de la fenêtre est affiché en blanc et tout pixel ayant une valeur plus petite que la limite inférieure de la fenêtre est affiché en noir. Un fenêtrage large permet la visualisation simultanée de structures de densités très différentes. Un fenêtrage étroit augmente le contraste et permet de discerner des structures de densités proches. Par exemple, sur une TDM thoracique, on utilise une fenêtre parenchymateuse pour l'étude du parenchyme pulmonaire (niveau – 600 UH, fenêtre large de 1 600 UH), et une fenêtre médiastinale pour l'étude du médiastin (niveau 30 UH, fenêtre étroite de 300 UH). Sur une TDM crânienne, on utilise une fenêtre parenchymateuse pour l'étude du parenchyme cérébral (niveau 40 UH, largeur de 120 UH) et une fenêtre osseuse pour l'étude de la boite crânienne (niveau 800 UH, largeur 2000 UH).

Reconstructions multiplanaires

Il est possible de reconstruire des images dans différents **plans de l'espace**, à partir des données brutes acquises au cours de l'examen et stockées sur les disques durs du calculateur. Plus les coupes axiales natives sont fines (de faible épaisseur), meilleure est la résolution des reconstructions.

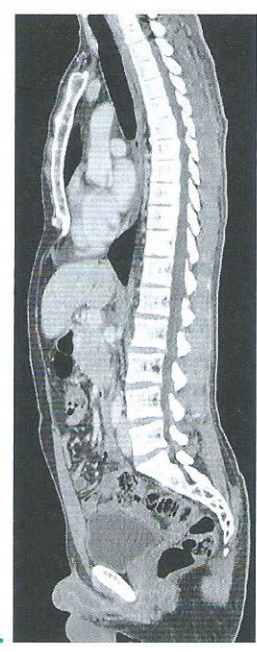
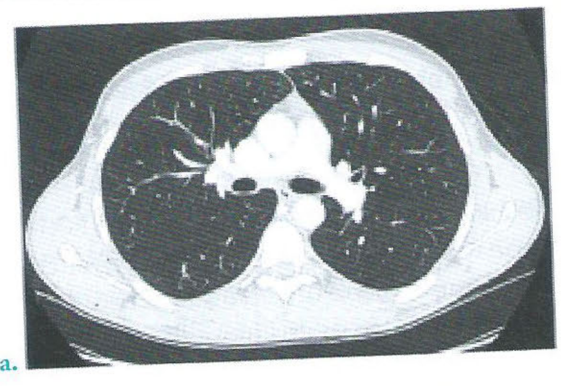
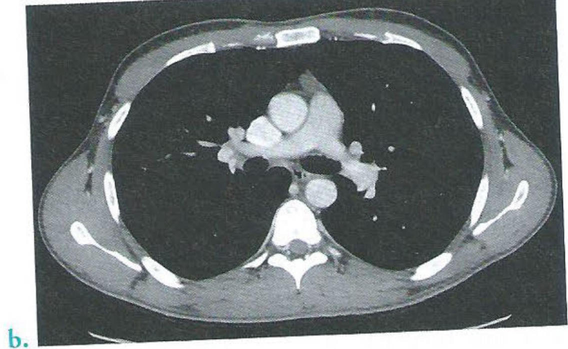
b.

c.

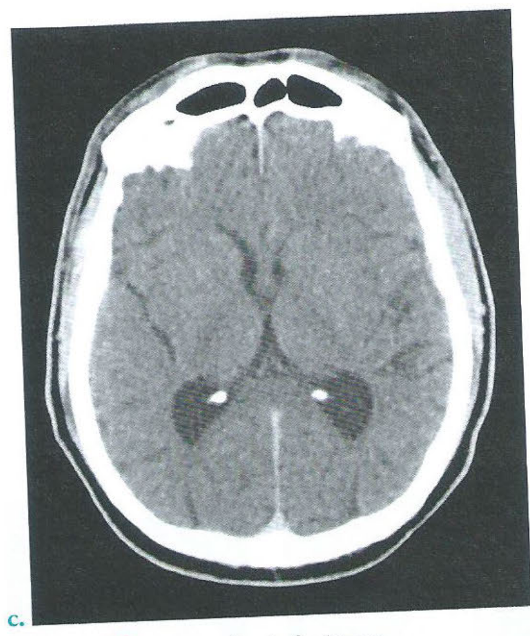
Figure 11 – Exemple de reconstructions multiplanaires sur une TDM thoraco-abdomino-pelvienne.
a. plan axial (plan d'acquisition) ; **b.** reconstruction coronale ; **c.** reconstruction sagittale.

Autres opérations

D'autres opérations sont possibles en fonction des questions posées (rendu volumique, projection d'intensité minimale ou maximale…).


a.


b.


c.

d.

Figure 12 – Exemples de fenêtrage
a. et **b.** deux fenêtres différentes de la même image de TDM thoracique avec injection de produit de contraste en coupe axiale :
a. fenêtre parenchymateuse pulmonaire ; **b.** fenêtre médiastinale
c. et **d.** deux fenêtres différentes de la même image de TDM cérébrale sans injection de produit de contraste en coupe axiale :
c. fenêtre parenchymateuse cérébrale ; **d.** fenêtre osseuse

Pour aller plus loin

Utilisation des fenêtres en TDM

Les fenêtres parenchymateuses pulmonaires sont également utiles pour détecter la présence d'air ailleurs que dans le poumon, par exemple pour la mise en évidence d'un pneumopéritoine à l'étage abdominal, ou d'une pneumencéphalie à l'étage cérébral.
De même, les fenêtres osseuses peuvent être employées pour mieux isoler des structures très denses extra-osseuses comme les calculs urinaires.

Stockage de l'image

Lorsque l'examen est terminé, l'opérateur choisit les images qu'il souhaite conserver. Ces images sont gravées sur un CD, et le plus souvent archivées dans un système appelé « **PACS** », signifiant *Picture Archiving and Communication System*. Il s'agit d'un système informatique de gestion et d'archivage des images médicales. Il permet, via un réseau, de **consulter les images d'un examen à distance de sa réalisation** (afin de réaliser une interprétation différée ou une comparaison avec un examen plus récent par exemple) ou de réaliser des opérations de post-traitement des images.

1.3 Utilisation de produit de contraste

Lorsque le contraste naturel en TDM est insuffisant pour obtenir des informations (en fonction de l'organe étudié et de la question posée), on peut utiliser des produits de contraste, en général par voie intraveineuse, parfois par voie orale ou par lavement.
Ces produits de contraste sont à base d'iode. L'iode présente une **forte absorption des rayons X** : sa densité est élevée.

1.4 Artéfacts en TDM

Ils sont à l'origine d'une **dégradation de la qualité de l'image**, pouvant conduire à sa mauvaise interprétation. Ils sont nombreux, seuls les plus utiles en pratique courante sont détaillés ici.

1.4.1 Artéfact de mouvements

Tout **mouvement** survenant au cours de l'acquisition des images risque d'être **à l'origine d'un flou**. Ces mouvements peuvent être **volontaires** (agitation du patient) ou **physiologiques** (battements cardiaques, respiration).
Pour les réduire, il est important de bien préparer le patient en lui expliquant la nécessité d'une immobilité parfaite, et l'importance de la tenue d'une apnée. Il est parfois nécessaire d'administrer une sédation.

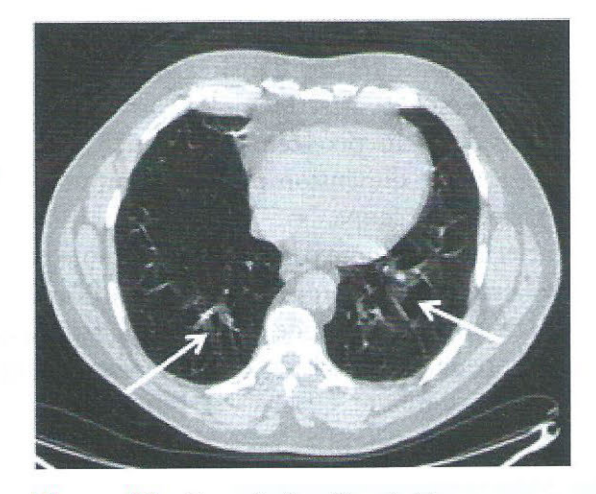
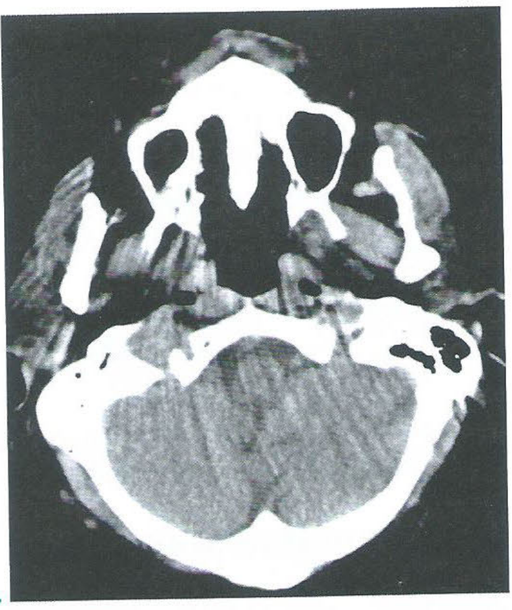


Figure 13 - Exemple d'artéfact cinétique
TDM thoracique sans injection en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. L'aspect des vaisseaux pulmonaires aux bases est flou, conséquence de l'apnée non tenue par le patient : artéfact cinétique.

1.4.2 Artéfact de durcissement du faisceau

Il se produit lorsque le faisceau de rayons X **rencontre successivement deux structures de densités très différentes**, sous forme de plages hypodenses. On le rencontre fréquemment à la ceinture scapulaire ou à la base du crâne (différence de densité importante entre l'os et le parenchyme adjacent).
De cet artéfact de durcissement découle l'**artéfact métallique,** dû à la présence de matériel métallique de haute densité (matériel dentaire, prothèses orthopédiques…). Il apparaît alors, centrées sur l'objet métallique, des lignes hypo- et hyperdenses.


a.

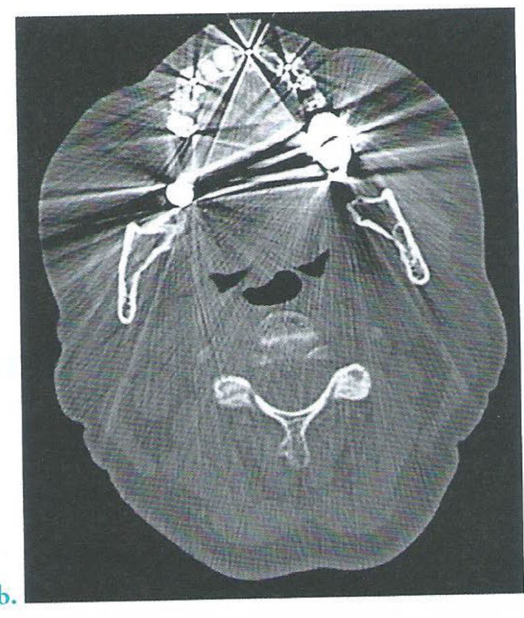

b.

Figure 14 - Exemples d'artéfacts de durcissement du faisceau
TDM cérébrales sans injection de produit de contraste en coupes axiales.
a. fenêtre parenchymateuse : artéfact de durcissement secondaire aux structures osseuses de la base du crâne visibles sous forme de lignes hypodenses sur le parenchyme cérébelleux ;
b. fenêtre osseuse : artéfact métallique secondaire au matériel dentaire sous formes de lignes hypo- et hyperdenses

1.4.3 Artéfact de volume partiel

Il correspond à la superposition dans le même voxel d'éléments de densités différentes. « Voxel » est la contraction de *volumetric pixel*, l'équivalent du pixel en trois dimensions. La troisième dimension prise en compte est l'épaisseur de coupe.

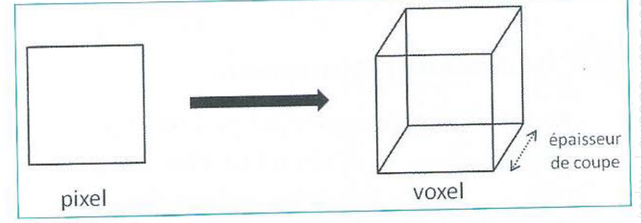


Figure 15 - Pixel et voxel

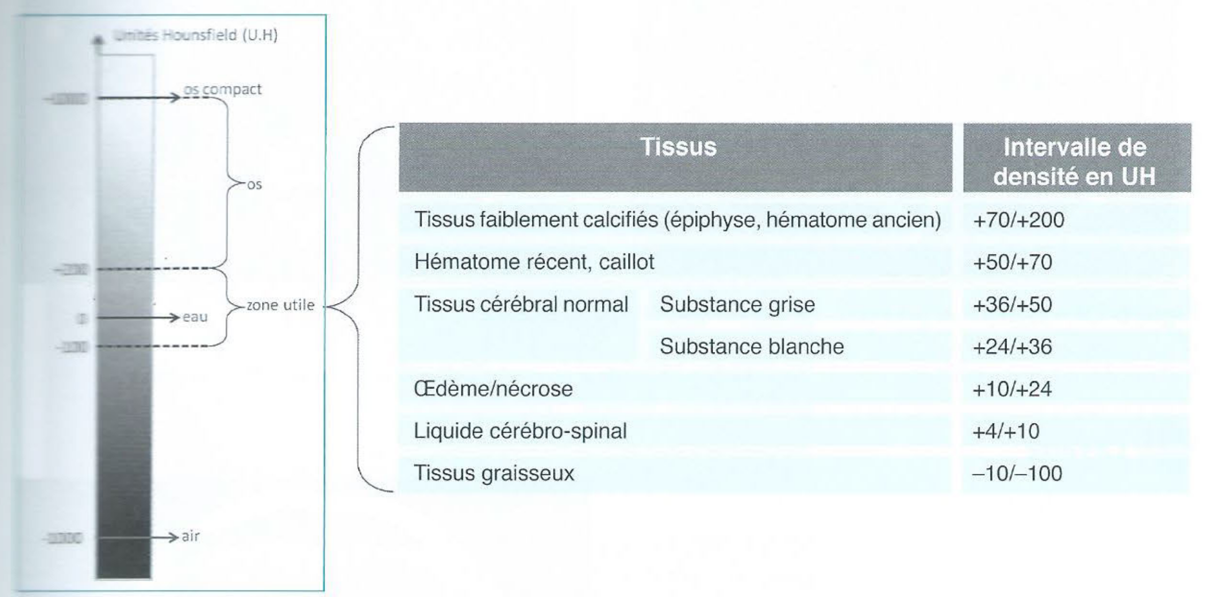
L'artéfact de volume partiel se produit lorsque l'**objet à analyser possède un diamètre inférieur à l'épaisseur de la coupe**. La densité affichée sur le pixel correspond alors à une moyenne de la densité de l'objet à analyser et de la densité du tissu environnant. Cette densité ne correspond à aucun objet réel et peut aboutir à la création de **fausses images**. Cet artéfact est d'autant plus rare que l'épaisseur de coupe diminue.

2 Sémiologie

2.1 Terminologie

En tomodensitométrie, chaque structure observée est décrite selon sa densité.
Une lésion sera dite **hyperdense** si elle apparaît plus dense que son environnement, **hypodense** si sa densité est plus faible, **isodense** si sa densité est similaire.
Ce terme de densité est commun à la radiographie conventionnelle, cependant il revêt en TDM une précision beaucoup plus grande. En effet, en radiographie conventionnelle, la densité en un point de l'image correspond le plus souvent à la projection des densités de plusieurs structures, et est appréciée visuellement.

En TDM, on obtient une **valeur propre à un élément** (le pixel), **localisé précisément** sur la coupe tomodensitométrique, qui est une **donnée numérique**.
La valeur obtenue est affichée en chaque point **par comparaison avec une échelle arbitraire, appelée échelle de Hounsfield.**



Tissus		Intervalle de densité en UH
Tissus faiblement calcifiés (épiphyse, hématome ancien)		+70/+200
Hématome récent, caillot		+50/+70
Tissus cérébral normal	Substance grise	+36/+50
	Substance blanche	+24/+36
Œdème/nécrose		+10/+24
Liquide cérébro-spinal		+4/+10
Tissus graisseux		–10/–100

Figure 16 - Échelle de Hounsfield

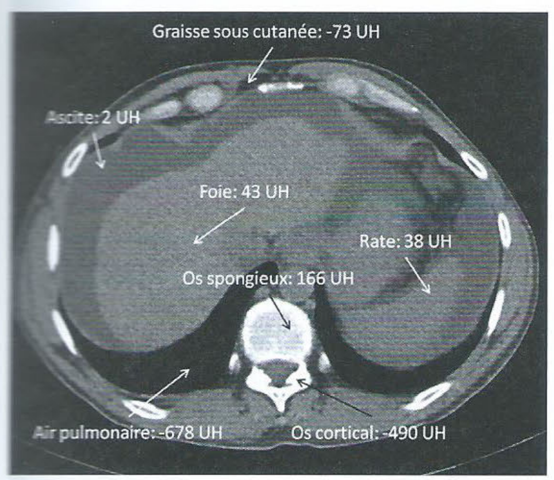


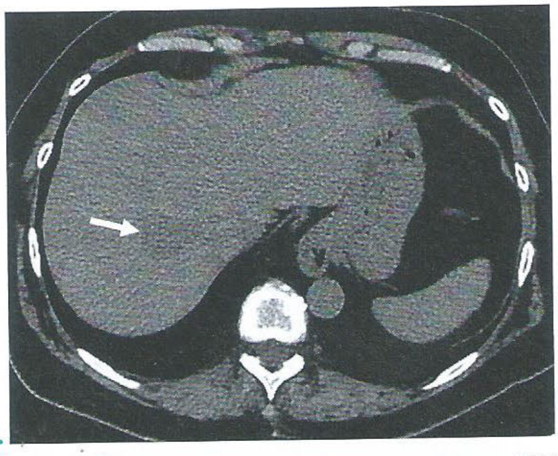
Figure 17 - Exemples de différentes densités mesurées sur une coupe axiale de TDM abdominale sans injection de produit de contraste

2.2 Sémiologie élémentaire

Nous détaillons ici quelques termes sémiologiques généraux en TDM.
La sémiologie tomodensitométrique spécifique à chaque appareil est expliquée dans les chapitres correspondants *(voir partie 2 page 177).*

2.2.1 Prise de contraste (ou rehaussement)

La prise de contraste d'une lésion désigne l'**accroissement de la densité de cette lésion après l'injection de produit de contraste.**


a.

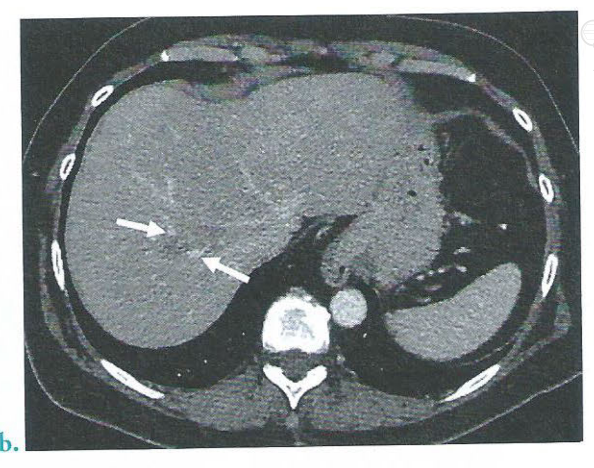

b.

Figure 18 - Exemple de prise de contraste sur une TDM abdominale.
a. Image hypodense du foie droit avant injection (flèche) ;
b. Prises de contraste périphérique après injection de produit de contraste iodé (flèches). Il s'agissait d'un angiome.

2.2.2 Lavage

Le signe du lavage, comme le rehaussement, est employé après injection de produit de contraste, lorsque plusieurs temps d'acquisition ont été réalisés après l'injection (temps précoce et tardif par exemple). Lorsqu'une lésion présente **un rehaussement au temps précoce, puis une « perte » de contraste au temps tardif** (la lésion devenant moins dense que le parenchyme environnant), on parle de lavage tardif.

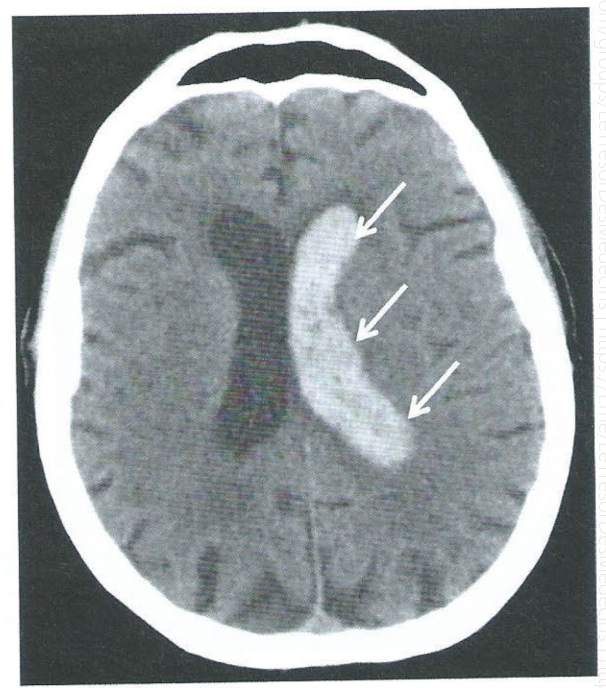


Figure 19 - TDM cérébrale sans injection de produit de contraste, en coupe axiale
Hyperdensité spontanée du ventricule latéral gauche (flèches) traduisant une hémorragie intraventriculaire.

2.2.3 Hyperdensité spontanée

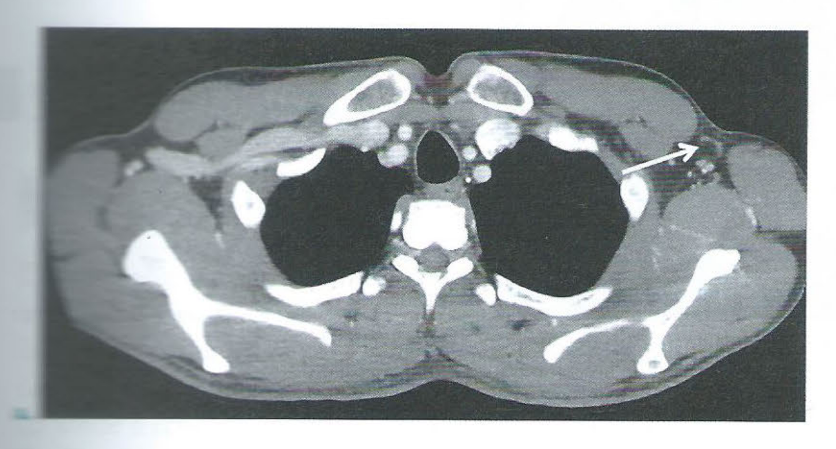
On parle d'hyperdensité spontanée sur un **examen sans injection de produit de contraste uniquement.** Une hyperdensité spontanée traduit le plus souvent un **saignement récent**. D'autres structures sont physiologiquement hyperdenses et peuvent prêter à confusion en cas d'hyperdensité spontanée de petite taille (calcifications). Cependant, habituellement, la topographie et la forme de l'hyperdensité permettent de trancher.

2.2.4 Adénopathie

En TDM, de nombreux ganglions physiologiques sont visibles. **La distinction avec des adénopathies** (pathologiques) **est parfois difficile.** Les critères suivants ont leurs limites, mais sont cependant souvent employés :

- **critère morphologique** : un ganglion banal est ovalaire, à centre graisseux (hypodense) ; une adénopathie est typiquement arrondie et ne possède pas de centre graisseux ;

- **critère de taille** : il est démontré que ce n'est pas un bon critère, car des ganglions de petite taille peuvent être pathologiques. Cependant, on choisit souvent la limite de 10 mm de petit axe pour distinguer ganglions et adénopathies (on emploie également le terme « adénomégalie » sur ce critère de taille) ;
- **critère de localisation** : dans certaines localisations, un ganglion est toujours pathologique ;
- **critères de nombre** : un nombre trop important de ganglions d'allure banale peut être anormal.



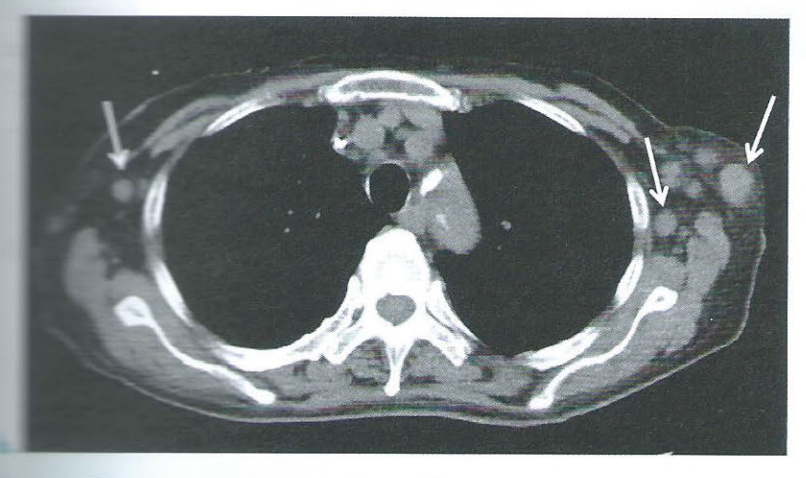


Figure 20 - Ganglion banal et adénopathie
a. TDM thoracique avec injection de produit de contraste, fenêtre médiastinale, coupe axiale ; ganglion axillaire gauche unique, ovalaire, à centre graisseux hypodense (flèche) ;
b. TDM thoracique sans injection de produit de contraste, fenêtre médiastinale, coupe axiale ; adénopathies bilatérales (flèches) de forme ronde, de grande taille (entre 10 et 15 mm)

Densification de la graisse

Elle désigne l'**augmentation de densité de la graisse viscérale** au contact d'un processus infectieux, inflammatoire, néoplasique. La graisse, hypodense, prend alors un aspect plus « gris ». Ce terme s'utilise essentiellement en pathologie abdomino-pelvienne, pour la densification de la **graisse mésentérique**.

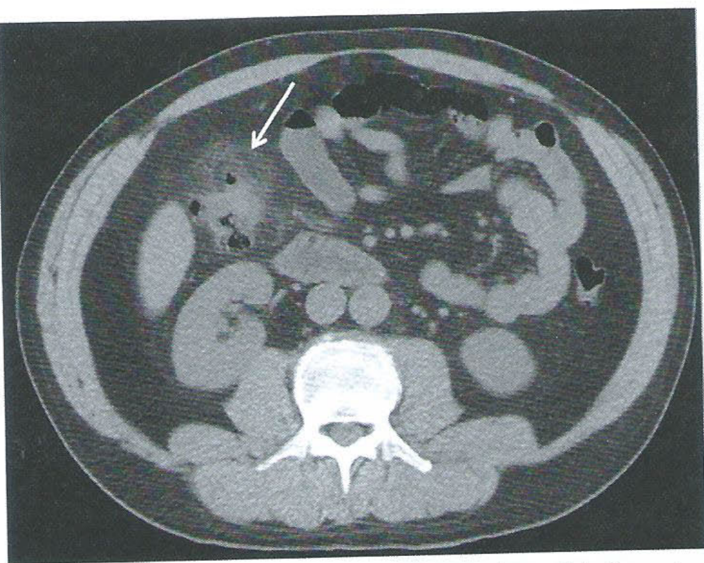


Figure 21 - TDM abdominale sans injection de produit de contraste, coupe axiale
Densification de la graisse mésentérique (flèche) au contact d'un côlon transverse diverticulaire

3 Effets secondaires

Comme en radiographie conventionnelle, les effets secondaires sont de deux ordres :

- liés **aux rayonnements ionisants** ;
- liés **aux produits de contraste lorsque ceux-ci sont utilisés**.

Ces effets sont détaillés dans les chapitres 9 « Radioprotection », page 63 et 11 « Produits de contraste », page 78.

Chapitre 3
Échographie, doppler

1 Technique

1.1 Principe physique

L'échographie est une technique basée sur l'**analyse de l'atténuation d'un faisceau d'ultrasons au travers des tissus.**
Les ultrasons sont des ondes mécaniques qui se propagent dans les milieux matériels.
Leur fréquence est supérieure à 20 000 Hz, ce qui les rend inaudibles à l'oreille humaine.
La sonde d'échographie **émet un faisceau d'ondes ultrasonores** qui traverse les tissus.
En fonction de la nature des tissus traversés et de leur profondeur, le faisceau subit une **atténuation variable.** Il est ensuite **réfléchi sous forme d'un écho** vers la sonde.
L'analyse de l'écho reçu par la sonde permet la constitution d'une image.

Creusons le sujet
Les modes échographiques

Les images échographiques telles qu'on se les représente couramment et telles qu'elles sont expliquées ici sont obtenues en mode B (comme « brillance »). Le signal recueilli est affiché sur l'écran par un point d'autant plus brillant que le signal est intense.
Il existe d'autres modes détaillés dans le tableau suivant.

Modes	Particularités	Utilisation
Mode A (« amplitude »)	L'écran affiche l'amplitude du signal recueilli par la sonde en fonction de la profondeur, sous forme d'une courbe.	Calcul de distance (ophtalmologie, dermatologie).
Mode TM (« temps mouvement »)	L'écran affiche les variations de position et de brillance des échos en fonction du temps, grâce à l'utilisation d'un faisceau ultrasonore unidirectionnel. La résolution temporelle est meilleure qu'en mode B.	Échographie cardiaque : étude des mouvements valvulaires et pariétaux.
Mode 3D (« trois dimensions »)	Permet de visualiser les régions balayées en trois dimensions.	Obstétrique, gynécologie et cardiologie
Imagerie harmonique tissulaire	Permet, en sélectionnant la composante harmonique du signal qui revient vers la sonde, de réduire sa dégradation (la composante harmonique possède une fréquence égale au double de la fréquence d'émission). La résolution spatiale est alors améliorée.	Couplée à l'emploi de produits de contraste ultrasonores et en complément du mode **B**.

Pour aller plus loin

Un peu d'histoire...

L'étude des ultrasons a été initialement développée pendant la Première Guerre mondiale, pour la détection des sous-marins (système Sonar).

Les débuts de l'utilisation des ultrasons dans un but de diagnostic médical datent des années 1950, avec l'apparition en 1951 du premier échographe. Il était initialement destiné à la recherche des tumeurs cérébrales mais sera rapidement utilisé pour l'obstétrique, où la technique se généralise dans les années 1970.

1.2 Matériel

1.2.1 Sonde d'échographie

La sonde contient une **céramique piézo-électrique** dont les propriétés physiques particulières lui permettent d'émettre un faisceau d'ondes ultrasonores en réponse à une stimulation électrique, et de transformer un écho ultrasonore reçu en impulsion électrique : c'est ce qu'on appelle un **transducteur ultrasonore**. La sonde est donc émettrice et réceptrice.

Les sondes ont différentes fréquences d'émission (et de réception), en fonction des organes que l'on souhaite examiner. Ces fréquences varient en général entre 1,5 et 18 MHz.

Plus la fréquence est élevée, **plus la résolution spatiale est bonne**, mais **plus la profondeur d'exploration diminue**. Il faut donc faire un compromis. Pour examiner l'abdomen, on utilise en général des fréquences de 1,5 à 4,5 MHz.

Pour aller plus loin

Gel d'échographie

Le gel d'échographie, systématiquement employé, est un gel à base d'eau. Il permet que le faisceau ultrasonore ne soit pas atténué dans la couche d'air qui existerait forcement entre la sonde et la peau en l'absence de gel. Ainsi, le maximum du faisceau est transmis de la sonde aux tissus explorés.

1.2.2 Système informatique

Le système informatique traite le signal électrique reçu par la sonde. Il **amplifie** ce signal afin de compenser les phénomènes d'atténuation, et le **convertit en signal vidéo**. Ce signal vidéo est codé en niveaux de gris selon l'intensité du signal recueilli.

1.2.3 Écran

Il affiche l'image obtenue, en niveaux de gris.

1.2.4 Tableau de commande

Il permet à l'échographiste de réaliser différents réglages afin d'améliorer la qualité de l'image.

Ces réglages sont, par exemple :

- la **fréquence de la sonde** (dans les limites de ses possibilités physiques) ;
- le **gain à la réception du signal** (amplification du signal en fonction de la profondeur de la zone explorée, pour compenser l'atténuation) ;
- la **focalisation du faisceau** ;
- la puissance d'émission.

1.2.5 Système de stockage

Il s'agit de la mémoire de l'appareil. Le système de stockage sert à conserver les images clés de l'examen, sélectionnées par l'opérateur, afin de permettre leur impression, et/ou leur transfert sur un réseau informatique type PACS.

1.3 Atténuation du faisceau ultrasonore

Chaque tissu (os, vaisseau, parenchyme…) est **caractérisé par une densité acoustique**, c'est-à-dire par une vitesse de propagation des ondes, qui lui est propre.

Le faisceau ultrasonore appliqué sur la peau du patient va traverser plusieurs tissus de natures différentes. La surface entre deux tissus différents est appelée **interface**.

À chaque interface, une partie du faisceau ultrasonore émis est réfléchie vers la sonde, et une autre partie est transmise, se propageant plus loin dans les tissus plus profonds.

La réflexion du faisceau ultrasonore à l'interface **est proportionnelle à la différence de densité acoustique entre les tissus concernés** :

- si la différence de densité acoustique est **élevée**, l'intensité du faisceau réfléchi sera **importante**, et seule **une faible partie du faisceau sera propagé** vers les tissus plus profonds ;
- au contraire, si la différence de densité acoustique est **faible**, l'intensité du faisceau réfléchi est **peu importante**, et la **majorité du faisceau sera transmis** vers les tissus plus profonds.

a.
Sonde d'échographie
Gel d'échographie
Faisceau émis
Onde réfléchie
Interface
Onde transmise

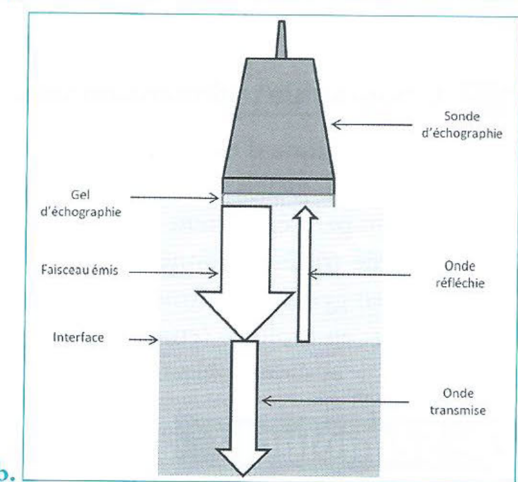
b.


Figure 22 - **Atténuation du faisceau ultrasonore**
a. en cas de différence de densité acoustique entre les deux tissus élevée ; **b.** en cas de différence de densité acoustique entre les deux tissus faible

1.4 Doppler

Le doppler est une technique supplémentaire que l'on **couple à l'échographie**, et qui utilise le même matériel. Elle est employée pour étudier les **structures en mouvement**, essentiellement les vaisseaux (artères et veines) et le cœur.

Les informations recueillies avec le doppler sont basées sur la **différence de fréquence entre l'onde ultrasonore émise et l'onde ultrasonore réfléchie**. Si le faisceau est réfléchi par des éléments figurés du sang qui se dirigent vers la sonde, sa fréquence sera plus élevée. Si le faisceau est réfléchi par des éléments qui s'éloignent de la sonde, sa fréquence sera plus basse.

Cette technique permet ainsi de connaître **le sens d'écoulement du vaisseau**, et de **calculer la vitesse de circulation du sang** dans ce vaisseau, grâce à une formule tenant compte de la différence de fréquence entre le faisceau émis et le faisceau recueilli.

Par convention, lorsque l'on utilise le doppler avec un codage couleur, les vaisseaux se **dirigeant vers la sonde** apparaissent **en rouge** tandis que les vaisseaux **s'éloignant de la sonde** sont colorés **en bleu**.

1.5 Autres techniques échographiques

Ce sont des techniques d'utilisation plus restreinte.

1.5.1 Écho-endoscopie

C'est une méthode d'exploration qui utilise l'**échographie au cours d'un examen endoscopique digestif**, pratiqué par voie haute ou par voie basse. Par voie haute, elle analyse les parois œsophagiennes, gastriques et duodénales, ainsi que le pancréas et les voies biliaires.
Par voie basse, elle explore l'anus et la paroi rectale.

1.5.2 Échographie de contraste

Elle utilise des **produits de contraste ultrasonores**, qui sont des microbilles injectées par voie intraveineuse en très faible quantité.
Lorsque le faisceau ultrasonore balaye la zone d'intérêt, le produit de contraste va apparaître hyperéchogène, c'est-à-dire blanc, pendant une courte période (quelques minutes), avant la destruction des microbilles. L'emploi de ces produits de contraste se fait en mode harmonique, décrit ci-dessus.
L'avantage de cette technique est qu'elle permet l'**analyse en temps réel de la distribution du produit de contraste** dans un vaisseau, un parenchyme ou une lésion.
Elle peut être utilisée pour l'analyse d'une lésion tissulaire (notamment les nodules hépatiques), ou pour vérifier la perméabilité d'un vaisseau en complément du doppler.

1.5.3 Échographie tridimensionnelle

C'est une technique d'utilisation récente. Grâce à un balayage volumique (et non plus bidimensionnel) et des logiciels de reconstruction, on obtient une **image en trois dimensions de l'objet d'intérêt**. On peut également sélectionner un plan de coupe selon une orientation précise.
L'échographie tridimensionnelle trouve ses applications en obstétrique (étude morphologique fine du fœtus), en gynécologie (morphologie utérine), en cardiologie (malformations cardiaques, valvulopathies), et en urologie (étude volumique, étude d'un réseau vasculaire).

2 Sémiologie

2.1 Terminologie

En échographie, chaque structure observée est décrite selon son **échogénicité**, c'est-à-dire sa **capacité à réfléchir les échos**.
Une structure est dite **anéchogène** si elle ne réfléchit aucun écho. Elle apparaîtra en noir sur l'écran.
Les termes **hypoéchogénicité**, **isoéchogénicité** et **hyperéchogénicité** sont eux des termes relatifs. Ils s'emploient en référence au parenchyme adjacent à la structure décrite. Par exemple, un nodule hépatique :

- sera dit **hyperéchogène** s'il apparaît **plus échogène que le parenchyme adjacent**, c'est-à-dire plus blanc (car il renvoie plus d'échos) ;
- sera dit **hypoéchogène** s'il apparaît **moins échogène que le parenchyme** adjacent, c'est-à-dire plus noir (car il renvoie moins d'échos) ;
- sera dit **isoéchogène** s'il apparaît de la **même échogénicité** que le parenchyme adjacent.

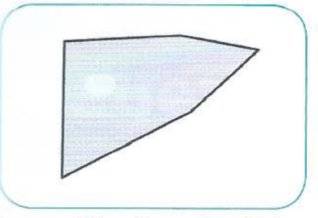
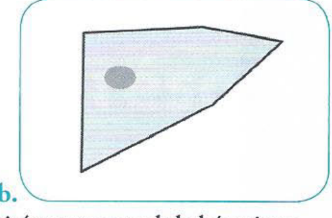
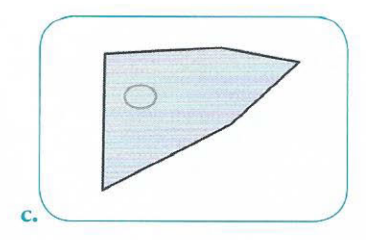
a. 
b. 
c. 

Figure 23 - Exemples d'échogénicité pour un nodule hépatique
a. nodule hyperéchogène : il apparaît plus blanc que le parenchyme adjacent ;
b. nodule hypo-échogène : il apparaît plus noir que le parenchyme adjacent ;
c. nodule iso-échogène : il apparaît du même niveau de gris que le parenchyme adjacent.

2.2 Exemples

2.2.1 Structures anéchogènes et renforcement postérieur

Il s'agit de tous les **fluides homogènes** : sang, bile, urine, contenu des kystes…
Les vaisseaux non thrombosés, la vésicule biliaire et la vessie normale sont donc des structures anéchogènes.
En arrière d'une structure anéchogène telle qu'un kyste rénal ou un kyste biliaire, on observe un **artéfact de renforcement postérieur** sous forme de **zone hyperéchogène**.
Celle-ci s'explique par une atténuation globalement plus faible du faisceau ultrasonore dans la structure liquidienne par rapport aux structures environnantes. Cette atténuation plus faible va être « surcompensée » par un réglage de l'appareil (le gain), et le signal sera augmenté.
Cet artéfact permet de caractériser les structures à contenu liquidien pur.

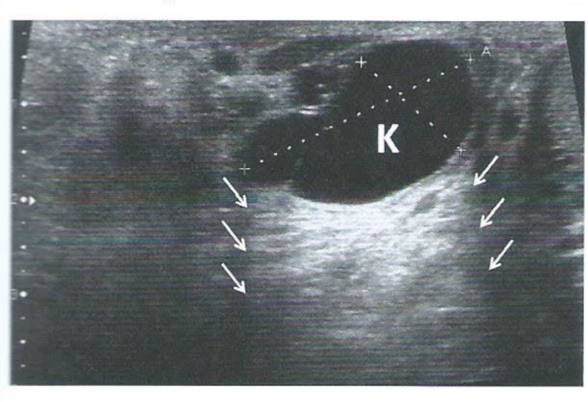


Figure 24 - Échographie testiculaire
Exemple de renforcement postérieur : kyste de l'épididyme (« K »), anéchogène (contenu liquidien pur) avec en arrière une bande hyperéchogène de renforcement postérieur (entre les flèches).

2.2.2 Structures hyperéchogènes et ombre acoustique

Lorsque la différence de densité acoustique entre deux tissus est très importante, le faisceau ultrasonore est complètement réfléchi, et il n'y a aucune transmission d'ondes pour les tissus plus profonds. Dans ce cas, il existe en arrière de l'interface concerné une **zone vide d'écho**, donc **anéchogène** (en noir). Cette zone est appelé **ombre acoustique**. C'est un artéfact de l'échographie qui permet de caractériser certaines structures.
Cette ombre acoustique est ainsi observée en arrière d'une corticale osseuse, de gaz intestinaux, ou de calculs (vésiculaire ou urinaire). Dans ce dernier cas, l'ombre acoustique est fréquemment nommé **cône d'ombre postérieur**.
Il en découle que toute structure située en arrière d'une surface très réfléchissante (par exemple une structure osseuse), donc située dans une ombre acoustique **ne pourra pas être analysée en échographie**.

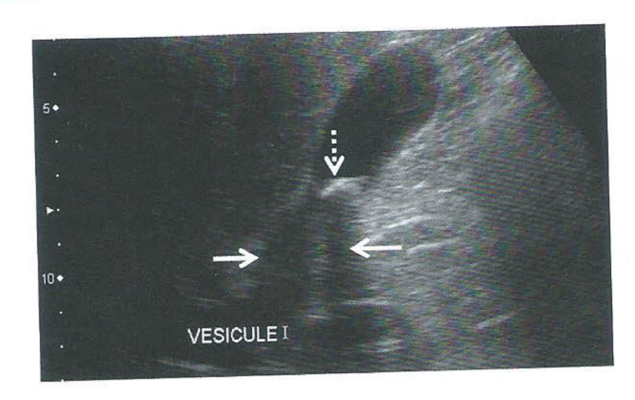


Figure 25 - Échographie hépatique
Exemple de cône d'ombre : vésicule biliaire contenant des lithiases hyperéchogènes (contenu calcique, flèche pointillée), avec en arrière deux bandes anéchogènes (flèches pleines) correspondant aux cônes d'ombre postérieurs.

3 Effets secondaires

À ce jour, **aucun effet secondaire à l'utilisation diagnostique des ultrasons n'a été recensé.**
Il existe un risque théorique d'échauffement avec l'utilisation du doppler, ce qui conduit à recommander de ne pas l'utiliser de manière prolongée lors des échographies de grossesse.
En cas d'utilisation de produits de contraste ultrasonore, les effets secondaires sont exceptionnels (réactions d'hypersensibilité).

Chapitre 4
Imagerie par résonance magnétique (IRM)

1 Technique

1.1 Principe physique

Le principe de l'IRM repose sur **la détermination de la nature des tissus constituant le corps humain en chaque point du volume exploré**, grâce à l'utilisation d'**ondes électromagnétiques**.
Le volume à explorer est placé dans un **champ magnétique puissant**, et des **ondes de radiofréquence** lui sont appliquées. L'onde de radiofréquence (RF) est une onde électromagnétique dont la fréquence est choisie pour permettre le phénomène de résonance *(voir page 32 l'encadré sur la résonance)*.
La mesure du signal réémis par un atome comme l'hydrogène, principal constituant du corps humain, après arrêt de l'application de l'onde de radiofréquence, **permet de déterminer la composition chimique des tissus explorés**.
Le contraste naturel des tissus est bien plus important qu'en tomodensitométrie.
L'utilisation combinée de différentes séquences sert à caractériser précisément la nature du tissu exploré.

Pour aller plus loin

Un peu d'histoire...

La technique de l'IRM est issue des principes de la résonance magnétique nucléaire (RMN). La RMN est utilisée pour déterminer la composition chimique d'un échantillon de matière en le plaçant dans un champ magnétique, et en lui envoyant des ondes de différentes fréquences puis en recueillant un signal. C'est l'analyse spectroscopique par RMN, découverte en 1946.
L'utilisation de la RMN dans un but médical date du début des années 1970.

1.2 Matériel

1.2.1 Aimant principal

Il se caractérise par :

- l'**intensité du champ magnétique qu'il produit**. Actuellement, le parc d'IRM en France est dominé par les IRM à 1,5 teslas (T). Certains centres, de plus en plus nombreux, possèdent des IRM avec un aimant principal de 3 T. En recherche, l'intensité des champs utilisés est encore plus grande ;
- sa **forme**. La forme de l'aimant caractérise la forme de l'appareil d'IRM lui-même. La plupart du temps, il s'agit d'un aimant « fermé », donnant à l'appareil sa forme de tunnel. Il existe également des aimants avec une forme d'anneau ouvert, définissant un appareil d'IRM « ouvert ».

1.2.2 Bobines de gradients

Ce sont des aimants situés à l'intérieur de l'aimant principal. L'association de ces aimants à l'aimant principal permet de créer des **gradients d'aimantation perpendiculaires** qui serviront à **localiser précisément le signal** dans les trois plans de l'espace.

1.2.3 Antenne d'émission et de réception de radiofréquence (RF)

Les **antennes de radiofréquence** sont des **éléments externes à l'aimant**. Elles sont choisies en fonction de la partie du corps qui doit être explorée (antenne « genou », antenne « crane »...). Elles sont responsables de l'**émission de l'onde de RF** qui va stimuler chaque atome d'hydrogène contenu dans le volume exploré, **puis de la réception du signal**, qui correspond à l'onde de RF de « retour » après stimulation.

Creusons le sujet
La cage de Faraday

Afin que les ondes de radiofréquence produites par ces antennes pour obtenir les images d'IRM ne soient pas perturbées par d'autres ondes de radiofréquence « de l'extérieur » (poste de radio par exemple), l'appareil d'IRM est isolé dans une pièce tapissée de cuivre. Cette pièce, qui ne laisse passer aucune onde de RF autre que celles choisies, est nommée « cage de Faraday ».

1.2.4 Système informatique

Commande des paramètres d'acquisition

Une console de commande permet de **choisir le volume à explorer** grâce à des séquences de repérage. De nombreux paramètres d'acquisition sont ensuite définis **en fonction de chaque séquence à réaliser**. Le plan de l'espace choisi pour la réalisation de ces séquences (axial, coronal, sagittal ou n'importe quel autre plan adapté à l'organe étudié) est également déterminé.

Formation de l'image

Un **convertisseur de données analogique-numérique** transforme les **signaux recueillis** par les antennes de RF en **données numériques**, stockées sur la mémoire de l'ordinateur. Ces données sont placées sur une **matrice**, et un **calculateur** permet ensuite d'obtenir une image vidéo.

Post-traitement

Une console de visualisation des données permet leur analyse et la réalisation de différentes opérations de post-traitements.

Stockage

Lorsque l'examen est terminé, l'opérateur choisit les images qu'il souhaite conserver. Ces images sont gravées sur un CD, et le plus souvent archivées dans un système PACS.

1.3 Pondérations en IRM

1.3.1 Définition des temps T1 et T2

Notions fondamentales

En l'absence de champ magnétique, chaque atome d'hydrogène, appelé **proton**, tourne sur lui même. Ce phénomène de rotation **crée une aimantation microscopique appelée spin**. Le spin est le vecteur qui représente l'axe de rotation du proton. Les protons s'orientant de manière aléatoire, la résultante magnétique de tous les spins est globalement nulle.

Lorsque l'organisme est soumis au champ magnétique de l'aimant principal, avant l'application d'une onde de RF, **tous les spins s'orientent dans l'axe de ce champ magnétique**. C'est la **magnétisation de repos** qui peut être représentée par un **vecteur d'aimantation longitudinal**, dans l'axe du champ magnétique de l'aimant *(voir figure 26, schéma 1)*. Il n'y a pas d'aimantation transversale.

> **Pour aller plus loin**
>
> ***La précession du proton***
>
> En réalité, le proton n'est pas immobile dans le champ magnétique, mais opère un mouvement de « précession », c'est-à-dire une rotation continue autour de l'axe du champ magnétique de l'aimant principal. Cependant, la résultante des projections de ces mouvements de rotation est nulle dans le plan transversal.

L'application de l'onde de radiofréquence (à une fréquence précise) fait entrer les protons en **résonance** et **modifie ce vecteur d'aimantation**. La magnétisation longitudinale du proton se modifie, et une magnétisation transversale apparaît *(voir figure 26, schéma 2, vecteur v)*. C'est le phénomène d'**excitation**.

Après application de l'onde de RF, le **proton récupère sa magnétisation initiale**, et perd son vecteur d'aimantation transversale *(voir figure 26, schéma 3)*. Ce phénomène, appelé **relaxation**, permet de définir les temps T1 et T2, caractéristiques d'un tissu donné.

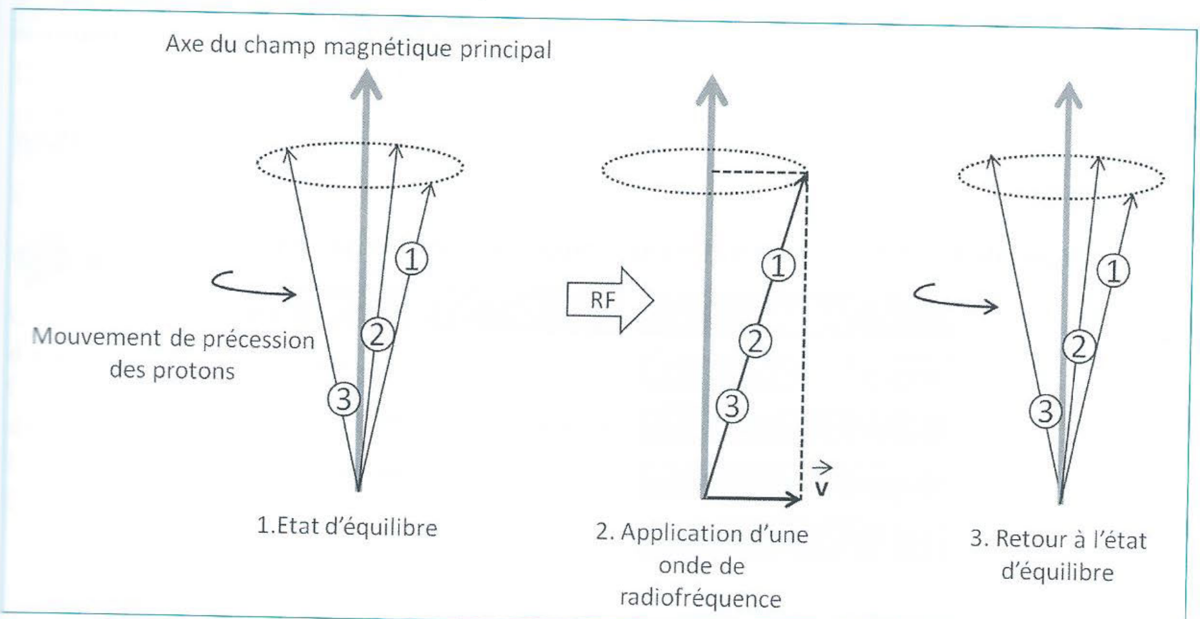


Figure 26 - Application d'une onde de RF à des protons soumis au champ magnétique principal
Les flèches numérotées 1, 2 et 3 désignent les spins de 3 protons différents.

Creusons le sujet
La résonance

C'est ce phénomène qui a donné son nom à l'IRM. La résonance se produit lorsque la fréquence de l'onde de RF est exactement égale à la fréquence de Larmor. Cette fréquence de Larmor correspond à la vitesse de précession des protons. Lorsque l'onde de RF est appliquée, tous les protons précessionnent en phase, c'est-à-dire « ensemble ».

Temps T1

Le temps de relaxation T1 caractérise le temps de récupération de la magnétisation longitudinale initiale après l'excitation par une onde de RF. Il correspond au temps au bout duquel 63 % de cette magnétisation a été récupérée. Dans les tissus biologiques, il est de l'**ordre de la seconde.**

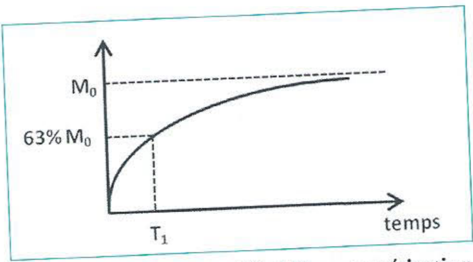


Figure 27 - **Temps T1. M0 : magnétisation longitudinale initiale**

Plus le réseau moléculaire d'un tissu est serré, plus le proton récupérera sa magnétisation longitudinale rapidement. Le T1 sera donc court. Sur l'image, un T1 court se traduira par un signal élevé, c'est-à-dire en blanc. C'est l'exemple de la graisse. Au contraire, moins son réseau moléculaire sera serré, plus le T1 d'un tissu sera long. Sur l'image, un T1 long se traduira par un signal faible, c'est-à-dire en noir. C'est l'exemple de l'eau.

Temps T2

Le temps de relaxation T2 caractérise la perte de l'aimantation transversale après l'excitation. C'est le temps au bout duquel un tissu a perdu 63 % de son aimantation transversale maximale.

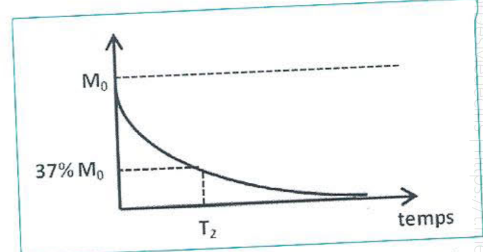


Figure 28 - **Temps T2. M0 : magnétisation transversale maximale**

Plus une structure est purement liquidienne, plus la perte de l'aimantation transversale sera lente et donc plus son T2 sera long. Sur l'image, un T2 long se traduira par un signal élevé, c'est-à-dire en blanc. C'est l'exemple de l'eau pure (liquide cérébro-spinal, contenu d'un kyste).
Une structure solide aura en revanche un T2 court. Sur l'image, un T2 court se traduira par un signal faible, c'est-à-dire noir. C'est l'exemple des corticales osseuses.

Exemples de T1 et de T2 pour différents composants de l'organisme

Tissu	T1	T2
Liquide	≥ 1 500 ms	≥ 1 000 ms
Substance blanche	900 ms	90 ms
Substance grise	750 ms	80 ms
Graisse	300 ms	40 ms

1.3.2 Séquences T1, T2 et densité de proton

Séquence en contraste T1

Son but est de mettre en valeur les différences de temps de relaxation T1 entre les tissus.
On l'appelle aussi séquence « **pondérée T1** », car en réalité on ne peut jamais faire apparaître uniquement la composante T1 du signal sans sa composante T2 : une séquence « T1 pure » n'existe pas.

Séquence en contraste T2

Son but est de mettre en évidence les différences de temps de relaxation T2 entre les tissus. De la même façon que pour les séquences T1, ce sont plus précisément des séquences « **pondérées T2** ».

Pour aller plus loin

TR et TE

- TR correspond au temps de répétition, c'est-à-dire l'intervalle entre deux excitations du tissu par l'onde de RF.
- TE correspond au temps d'écho, c'est-à-dire l'intervalle entre l'excitation et le recueil du signal IRM.
- TR et TE sont des paramètres que l'on va faire varier pour obtenir une image pondérée en T1 ou en T2. Pour obtenir une image pondérée T1, il faut privilégier un TR et un TE court. Pour une séquence pondérée T2, il faut un TR et un TE long.

Séquences en densité de protons (DP)

Avec les temps T1 et T2, la **densité protonique** est le troisième paramètre qui définit le signal IRM d'un tissu.
Les séquences en densité de protons s'attachent donc à mettre en évidence **les différences de densité protonique** entre les tissus, grâce à un TR long et un TE court. Elles sont essentiellement utilisées en imagerie ostéo-articulaire.

1.4 Artéfacts en IRM

Ils sont nombreux, **à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'image**. Dans certains cas, au contraire, ils sont utilisés comme argument sémiologique.
Ici seront seulement détaillés les artéfacts les plus fréquents et utiles à connaître ou à comprendre pour le prescripteur.

1.4.1 Artéfact de mouvements

Comme pour la TDM, **les mouvements** volontaires ou involontaires du patient **sont à l'origine d'un aspect flou de l'image**.
Concernant les mouvements volontaires, en IRM la durée d'immobilisation nécessaire à l'acquisition des séquences est bien plus longue qu'en TDM, elle prend donc une importance cruciale.
Les mouvements involontaires (respiration, battements cardiaques) peuvent être également réduits par l'acquisition des séquences en apnée, ou en synchronisation cardiaque en fonction de la région explorée.

a.

b.

Figure 29 - Exemple d'artéfact de mouvement en IRM. IRM du bassin, séquence T2 Stir, coupe coronale

a. image sans artéfact (V : vessie, P : prostate, F : fémur) ;

b. image artéfactée par les mouvements du patient, conférant un aspect flou des structures.

1.4.2 Artéfact de susceptibilité magnétique

La susceptibilité magnétique est la capacité d'un tissu à s'aimanter.

Lorsque deux tissus voisins ont une **susceptibilité magnétique différente, il se crée un champ magnétique local à l'origine d'une perte de signal**.

Cet artéfact peut être à l'origine d'une dégradation de l'image, mais il est également utilisé à **but diagnostique**, afin de détecter la présence de produits de dégradation de l'hémoglobine (mise en évidence d'une hémorragie). En effet, la désoxyhémoglobine et l'hémosidérine sont des produits très magnétisés.

1.4.3 Artéfact ferromagnétique

C'est un cas particulier de l'artéfact de susceptibilité magnétique.

Il survient en présence d'**un corps ferromagnétique non organique dans le champ d'exploration**.

Ce corps ferromagnétique est responsable d'une distorsion du champ magnétique, se traduisant par une **zone de vide de signal**, avec parfois une déformation locale de l'image et un hypersignal périphérique. Évidemment, aucune analyse ne sera possible dans cette zone.

C'est le cas de certaines prothèses orthopédiques.

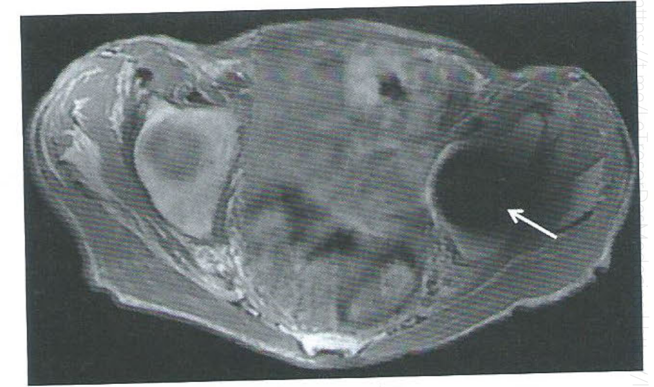


Figure 30 - Artéfact ferromagnétique

IRM pelvienne, coupe axiale, séquence T1 : la flèche désigne une prothèse de hanche gauche responsable d'un vide de signal (en noir).

1.5 Les séquences d'IRM

1.5.1 Définition

Une séquence d'IRM correspond à l'**assemblage de différents paramètres ajustables de l'appareil** (temps d'écho TE, temps de répétition TR, impulsions, gradients…) afin d'obtenir des images de contraste variable. En effet, chaque contraste apporte des informations différentes sur la nature des tissus explorés.

Pour analyser et interpréter un examen d'IRM, le radiologue s'appuie **sur la combinaison de ces informations complémentaires.**

Les séquences d'IRM sont classées en deux groupes principaux: les **séquences d'écho de spin** et les **séquences d'écho de gradient.**

Ces deux groupes se différencient par des modes d'acquisition des images fondamentalement différents, qui ne seront pas détaillés ici. Au sein de chaque groupe, les images peuvent être pondérées en T1 ou en T2.

S'ajoutant à ces deux classes principales de séquences, **il existe une multitude de variantes** destinées à diminuer les temps d'acquisition, et/ou à mettre en valeur telle ou telle structure organique, en fonction des indications. Certaines variantes sont adaptables aux deux groupes de séquences, d'autres peuvent être combinées entre elles.

Les principales variantes utilisées en pratique courante sont détaillées dans les paragraphes qui suivent.

1.5.2 Séquences d'écho de spin

C'est le premier groupe de séquence. Les séquences d'écho de spin peuvent être pondérées en T1 ou T2.

Leurs avantages sont :

- l'**obtention d'une image de bonne qualité** ;
- **l'obtention d'un contraste T2 « vrai »** (pour les séquences pondérées en T2), grâce à l'affranchissement des inhomogénéités du champ magnétique ;
- une **moindre sensibilité aux artéfacts ferromagnétiques.**

Leur principal inconvénient concerne le temps d'acquisition qui est long, limitant leur utilisation. C'est pour cette raison que des séquences d'écho de spin rapides ont été développées.

1.5.3 Séquences en écho de gradient

C'est la deuxième famille de séquences. Les séquences peuvent être pondérées en T1 ou en T2.

Leur avantage est que le **temps d'acquisition reste court.**

Les inconvénients sont :

- **l'obtention d'un contraste « T2* »** (« étoile ») et non d'un contraste T2 vrai en raison des inhomogénéités du champ magnétique ;
- **une sensibilité plus grande aux artéfacts de susceptibilité magnétique.** Il est à noter que cet inconvénient peut devenir un avantage, si l'on cherche à détecter la présence d'hémosidérine, corps ferromagnétique, révélatrice d'un saignement, qui sera bien visible sur une séquence en écho de gradient.

1.5.4 Variantes

IMPORTANT

Identifier une séquence T1, Flair, T2 sur une imagerie cérébrale

La séquence T1 est une séquence dite « anatomique ». La substance blanche apparaît en hypersignal modéré (en « blanc »), la substance grise en hyposignal modéré (en « gris »). S'il y a en plus une injection de produit de contraste, les vaisseaux apparaissent en hypersignal franc (en « blanc »).

En séquence T2, c'est le contraire : la substance blanche apparaît plus en hyposignal (en « gris ») que la substance grise (en « blanc »). Le liquide cérébro-spinal est en hypersignal intense (« blanc »).

Enfin, en séquence Flair, le parenchyme cérébral apparaît selon le même signal que le T2, mais du fait de l'annulation du signal de l'eau, le liquide cérébro-spinal sera en hyposignal (« noir »).

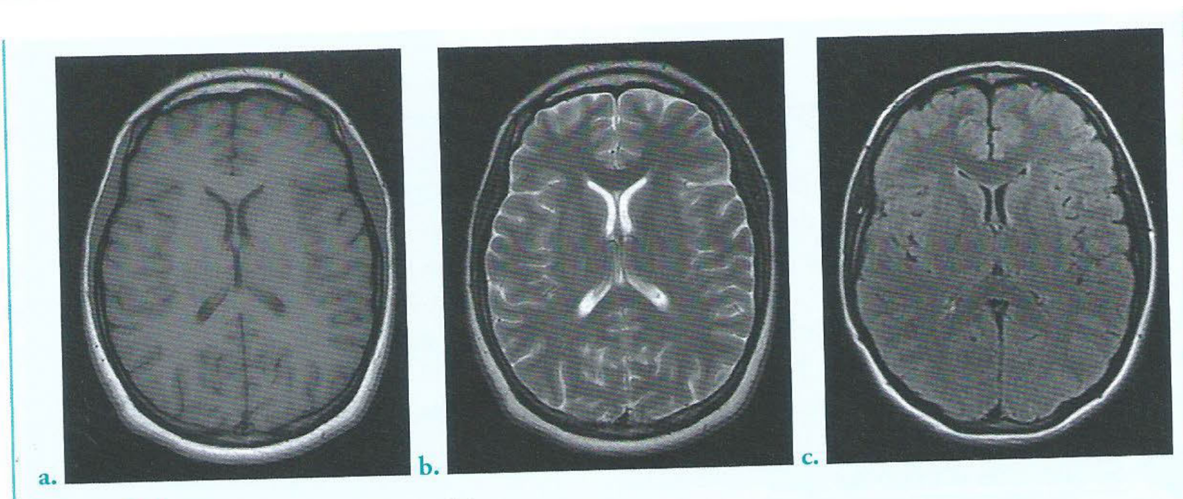


Figure 31 - **IRM cérébrale en coupe axiale**
a. séquence T1 ; **b.** séquence T2 ; **c.** séquence Flair.

Séquences avec injection de produit de contraste

Ce sont des séquences T1, réalisées à différents délais après injection du produit de contraste (à base de chélates de gadolinium dans la grande majorité des cas). **Le produit de contraste apparaît en hypersignal**. En choisissant de réaliser une acquisition aux temps artériel ou veineux, on peut obtenir des images d'**angio-IRM**.

Séquences en inversion récupération (IR)

Elles permettent **d'annuler de façon non sélective le signal d'une structure donnée**, afin d'optimiser un contraste. Pour ce faire, il faut inverser l'aimantation longitudinale initiale puis attendre un temps appelé TI (temps d'inversion) avant de lancer la séquence proprement dite. Ce TI est choisi en fonction de la structure dont on souhaite annuler le signal. La structure apparaîtra donc en hyposignal (noir).
L'inversion-récupération est utilisée sur des séquences pondérées en T2.
Les séquences en inversion-récupération les plus utilisées sont les séquences Flair et Stir.

Séquence Flair

La séquence Flair est une **séquence T2 sur laquelle le signal de l'eau est annulé**.
Elle est très utilisée en imagerie cérébrale. Ainsi, l'hypersignal des ventricules et des citernes (contenant de l'eau pure) présent sur une séquence T2 standard devient un hyposignal sur une séquence Flair. La séquence Flair permet alors de faire ressortir les plages d'hypersignaux périventriculaires (en blanc), présentes par exemple dans la sclérose en plaques, qui vont contraster avec le noir des cavités ventriculaires.

Séquence Stir

Sur le même principe que la séquence Flair, c'est une **séquence T2 sur laquelle le signal de la graisse est annulé**. Elle est très utilisée en pathologie ostéo-articulaire, pour améliorer la détection de l'œdème par exemple. L'œdème, en hypersignal, sera plus facilement visible si la graisse apparaît en hyposignal (séquence Stir) et non en hypersignal (séquence T2 standard).

Séquence avec Fat Sat (saturation de la graisse)

Il s'agit d'une séquence sur lequel le **signal de la graisse a été supprimé**, comme la séquence Stir, mais selon une technique différente : en faisant disparaître l'aimantation des protons de la graisse

par une onde de radiofréquence sélective. Elle est souvent utilisée pour l'étude du rehaussement postgadolinium, sur des séquences T1. Elle s'utilise aussi sur des séquences T2.

a.

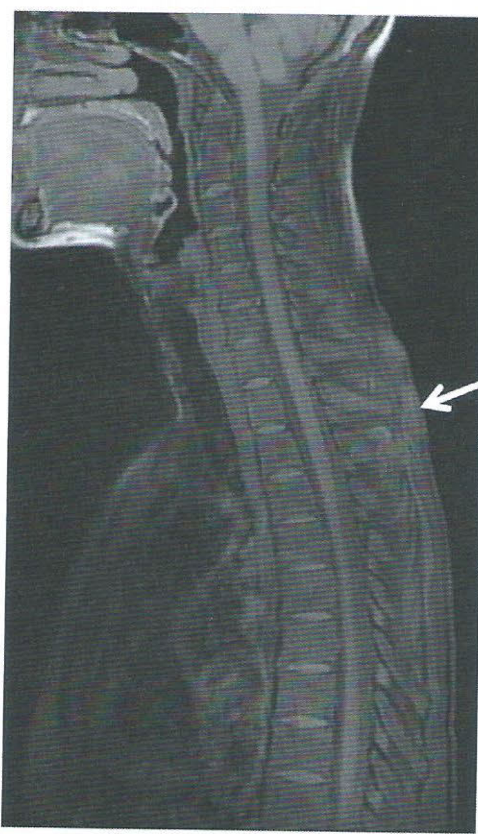

b.

Figure 32 - Séquences T1 et T1 Fat Sat sur une IRM du rachis cervico-dorsal en coupe sagittale
a. séquence T1 ; hypersignal normal des corps vertébraux (moelle osseuse jaune riche en graisse) et de la graisse sous cutanée (flèche) ; **b.** séquence T1 avec Fat Sat ; disparition de l'hypersignal des corps vertébraux et de la graisse sous-cutanée (flèche) ; la saturation de la graisse est souvent discrètement hétérogène (hypersignal persistant de la graisse sous-cutanée du menton).

Séquence de diffusion

C'est une séquence pondérée en T2.

Elle est basée sur l'**étude des mouvements des molécules d'eau dans les tissus**. Ces mouvements dépendent à la fois de la densité cellulaire et de l'intégrité cellulaire.

Lorsque la diffusion des molécules d'eau est limitée (milieu de densité protéique ou cellulaire élevée, augmentation de l'eau intracellulaire), le signal de diffusion est élevé (restriction de la diffusion).

Une évaluation quantitative de la mobilité des molécules d'eau est possible à partir de plusieurs séquences de diffusion obtenues avec différentes valeurs de gradients : c'est la **cartographie ADC** (apparent diffusion coefficient). Cette cartographie ADC permet d'autre part de s'affranchir du signal T2 initial.

Une diffusion restreinte se traduit par un ADC bas (représenté en noir sur les images), et une diffusion libre par un ADC haut (représenté en blanc).

Citons deux exemples d'utilisation des séquences de diffusion et de cartographie ADC :

- détection précoce de l'ischémie cérébrale : l'œdème cytotoxique qui caractérise l'ischémie aiguë est défini par une augmentation de l'eau intracellulaire. L'eau intracellulaire diffuse peu librement. Cela se traduit par un hypersignal de diffusion et une baisse du coefficient ADC ;
- différenciation d'un abcès cérébral à pyogènes (coefficient ADC bas) d'une métastase cérébrale (coefficient ADC élevé).

Creusons le sujet
Effet T2 des séquences de diffusion

Les séquences de diffusion sont pondérées en T2. Un œdème (augmentation du volume liquidien) se traduira donc par un hypersignal.
S'il s'agit d'un œdème cytotoxique, la diffusion est restreinte (augmentation de l'eau intracellulaire qui diffuse mal), correspondant également à un hypersignal : hypersignal liquidien T2 + hypersignal liquidien diffusion = hypersignal global.
En revanche, s'il s'agit d'un œdème vasogénique, la diffusion devient plus libre (augmentation de l'eau extra-cellulaire qui diffuse facilement), ce qui correspond à un hyposignal : il est impossible de prévoir le signal total (hypersignal liquidien T2 + hyposignal diffusion).
L'utilisation de la cartographie ADC permet l'étude uniquement des mouvements de diffusion indépendamment de l'effet T2. Un œdème cytotoxique se traduit alors par un ADC bas, tandis qu'un œdème vasogénique se traduit par un ADC élevé.

a.

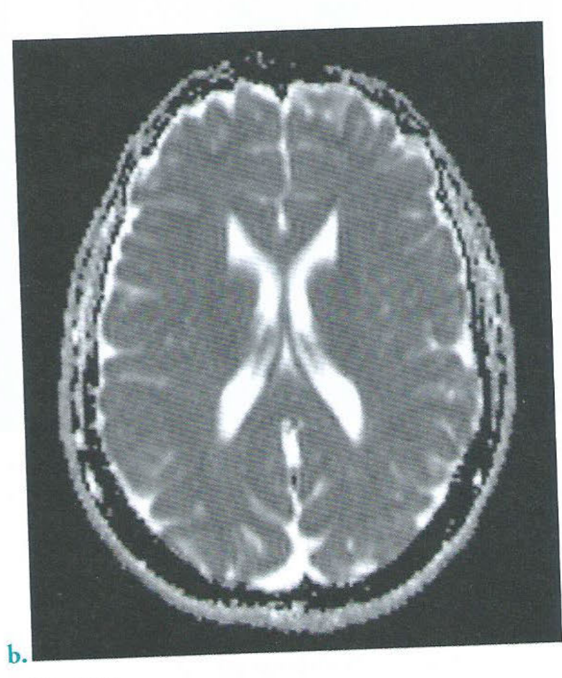
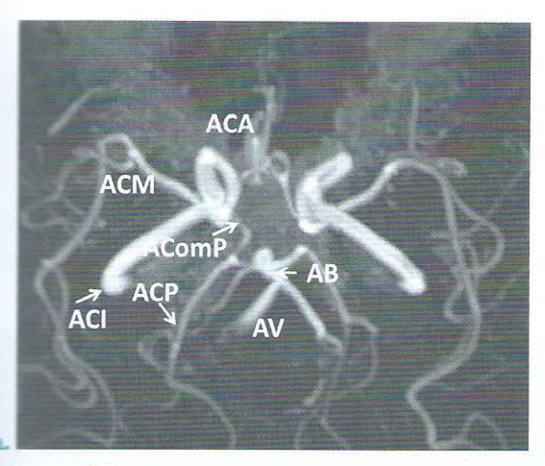

b.

Figure 33 - Exemple séquence de diffusion et de cartographie ADC
a. coupe axiale de l'encéphale en séquence de diffusion ; noter l'hyposignal ventriculaire (diffusion libre des molécules d'eau dans les ventricules) ; **b.** cartographie ADC correspondante à la séquence de diffusion a ; noter le coefficient ADC élevé des ventricules, apparaissant donc en blanc.

Angio-IRM en temps de vol (time of flight, aussi appelé « TOF ») et en contraste de phase

Ce sont deux types de séquences qui permettent d'obtenir des **images du contenu vasculaire sans injection de produit de contraste**, en favorisant le signal des protons circulants. Les vaisseaux apparaissent en hypersignal.



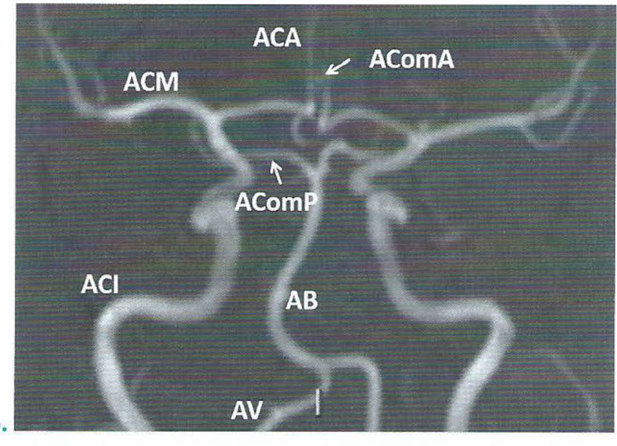
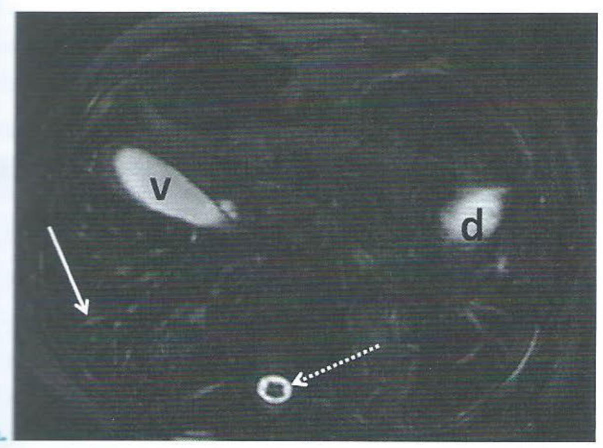


Figure 34 - IRM cérébrale, séquence d'angio-IRM en temps de vol (TOF), avec reconstruction en projection d'intensité maximale
a. dans le plan axial ; **b.** dans le plan coronal.
ACI : artère carotide interne ; AV : artère vertébrale ; AB : artère (tronc) basilaire ; ACM : artère cérébrale moyenne (sylvienne) ; ACA : artère cérébrale antérieure ; AComP : artère communicante postérieure ; AComA : artère communicante antérieure. Pour les artères paires, seul le côté droit est légendé. À noter qu'en a., seul l'artère communicante postérieure droite est visible (variante fréquente).

Bili-IRM

Ce sont des séquences pondérées en T2. Le choix des paramètres d'acquisition **permet de favoriser toutes les structures liquidiennes statiques** (contenu kystique) ou **circulant lentement** (bile, urine). Ces structures apparaîtront en hypersignal T2 (blanc), tandis que toutes les autres structures (viscères, vaisseaux circulant) apparaîtront en hyposignal (noir).
Ainsi, on peut dessiner l'arbre biliaire qui apparaît en hypersignal sur le parenchyme hépatique en hyposignal.



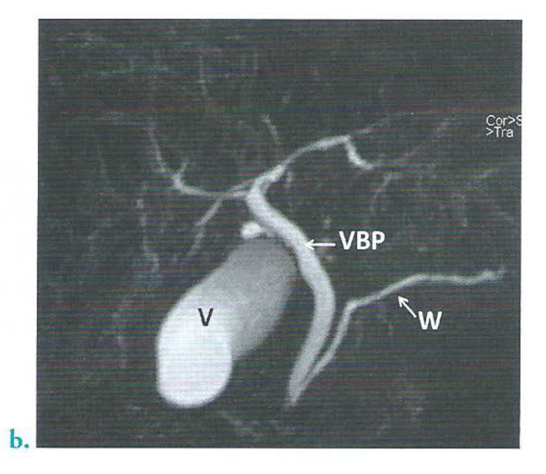


Figure 35 - Bili-IRM
a. coupe axiale. Le système biliaire apparaît en hypersignal : voies biliaires intra-hépatiques (exemple : flèche pleine) et vésicule biliaire (« V »). Le liquide céphalo-rachidien apparaît également en hypersignal (flèche pointillée) de même que le contenu digestif liquidien (« d ») ; **b.** reconstruction coronale en projection d'intensité maximale (autre patient). Vésicule biliaire (« V »), voie biliaire principale (« VBP »), canal de Wirsung (« W »).

Séquence *phase in-phase out* (PI-PO)

Cette séquence repose sur la différence de vitesse de précession des protons de la graisse et de l'eau. Elle permet de **mettre en évidence la présence de graisse intracellulaire** par une chute du signal entre la séquence phase in et la séquence phase out.
Elle est utile par exemple pour caractériser un adénome surrénalien (contenant de la graisse intracellulaire). L'adénome apparaît en hypersignal sur la séquence phase out, et en hyposignal sur la séquence phase in. L'autre grande indication est la détection de la stéatose hépatique.

a.

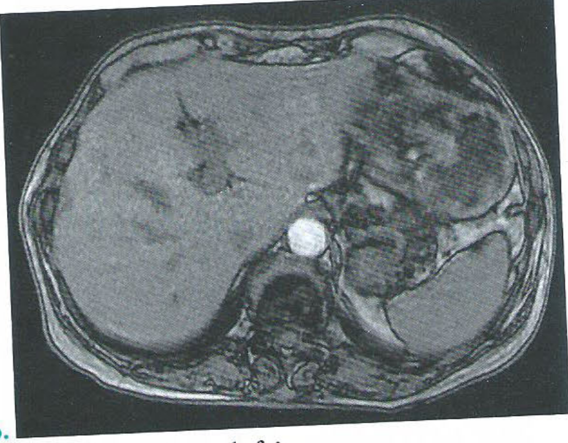

b.

Figure 36 - Séquence phase in et phase out normales en coupe axiale centrées sur le foie
a. séquence *phase in* ; **b.** séquence *phase out* : elle se reconnaît par rapport à la séquence *phase in* par la présence d'un liséré noir autour des organes (foie, rate).

2 Sémiologie

2.1 Terminologie

L'image d'IRM est une image en niveaux de gris.
Un fort signal apparaît en blanc, un faible signal apparaît en noir. **On définit une structure par l'intensité de son signal sur une séquence donnée** :
- **hyper-intense** (ou en hypersignal) si elle apparaît plus blanche que le parenchyme adjacent ;
- **hypo-intense** (ou en hyposignal) lorsqu'elle apparaît plus noire que le parenchyme adjacent ;
- **iso-intense** (ou en isosignal) si le signal est identique à celui du parenchyme adjacent.

2.2 Signaux fondamentaux

Les signaux fondamentaux sont recensés dans le tableau page suivante.

	Signal T1	Signal T2
Hyposignal	▸ Liquides : · liquide cérébro-spinal · urine · contenu kystique · œdème, nécrose tissulaire ▸ Calcifications ▸ Corticales osseuses ▸ Hémosidérine ▸ Air ▸ Produit de contraste gadoliné	▸ Mélanine ▸ Structure à concentration protéique élevée ▸ Calcifications ▸ Corticale osseuse ▸ Tissu fibreux ▸ Hémosidérine, ferritine
Hypersignal	▸ Graisse ▸ Mélanine ▸ Structure à contenu protéique élevé ▸ Méthémoglobine ▸ Posthypophyse ▸ Ions : manganèse, cuivre, fer	▸ Liquide : · liquide cérébro-spinal · urine · contenu kystique · œdème, nécrose tissulaire ▸ Graisse

2.3 Applications pratiques

2.3.1 Signal liquidien

Il est défini par un **hypersignal T2 intense** et un **hyposignal T1**.

2.3.2 Signal graisseux

Il apparaît en **hypersignal T1** et **hypersignal T2**.

2.3.3 Signal hémorragique

Le **signal d'une hémorragie en IRM est complexe**. En effet, la composition chimique de l'hémorragie varie avec le cycle de dégradation de l'hémoglobine. Les produits de dégradation de l'hémoglobine possèdent des propriétés magnétiques différentes. Le signal IRM varie donc en fonction de l'âge de la lésion.

Variation du signal IRM en fonction de l'âge de la lésion

Stade	Molécule	Signal T1	Signal T2
Hyperaigu (< 24 h)	Oxyhémoglobine	Isosignal	Hypersignal
Aigu (24-72 h)	Désoxyhémoglobine	Hypo/isosignal	Hyposignal
Subaigu précoce (3-7 jours)	Méthémoglobine intracellulaire	Hypersignal	Hyposignal
Subaigu tardif (1 semaine à 1 mois)	Méthémoglobine extracellulaire	Hypersignal	Hypersignal
Chronique (plus d'un mois)	Hémosidérine	Hyposignal périphérique + hypersignal central	Hyposignal périphérique + hypersignal central

Les séquences en écho de gradient sont plus sensibles à l'hémorragie, elles sont utilisées en priorité pour détecter une hémorragie.
En séquence T2 écho de gradient, l'hémorragie se traduit par un hyposignal.

2.3.4 Signal après injection de produit de contraste

Les séquences après injection de produit de contraste gadoliné sont des séquences T1. On utilise le même terme qu'en TDM injectée de **rehaussement** pour désigner une **lésion dont le signal augmente après injection de gadolinium**. De même, le lavage se traduit par une lésion redevenant en hyposignal par rapport au parenchyme adjacent, alors qu'elle était en hypersignal à un temps plus précoce.

3 Effets secondaires

Ils sont de deux ordres, détaillés ci-après.

3.1 Effets liés au champ magnétique

3.1.1 Effets biologiques

Aucun effet biologique n'a été mis en évidence à ce jour.
Il existe un risque théorique d'échauffement des tissus, mais les appareils sont paramétrés par les constructeurs pour que certaines limites de dépôt d'énergie dans les tissus ne soient pas dépassées.

3.1.2 Corps métalliques et appareils électroniques

Un corps métallique ferromagnétique présent dans un organisme soumis à un champ magnétique présente un **risque de déplacement ou d'échauffement des tissus** (responsable de brûlure).
Un corps métallique intraoculaire est donc susceptible de causer de graves lésions en se déplaçant.
De plus, **le fonctionnement d'appareils électroniques** comme le pacemaker **peut être perturbé ou interrompu** par le champ magnétique.

3.2 Effets liés aux produits de contraste gadolinés

Il existe des risques spécifiques liés à leur emploi.
Ces effets sont détaillés dans le chapitre 13 page 101.

3.3 Autres désagréments

Lors de l'examen d'IRM, le patient est allongé sur une table au centre de l'anneau contenant l'aimant principal. **Pour certains sujets claustrophobes, l'examen peut être source d'une angoisse** importante.
Enfin, **le bruit** produit par l'utilisation des gradients **peut être gênant**.

Chapitre 5
Techniques d'imagerie en médecine nucléaire

1 Technique

1.1 Définitions

1.1.1 Radio-isotope (ou radioélément)

Atome dont le noyau est instable, par un excès de protons et/ou de neutrons. Il peut exister naturellement ou être produit artificiellement.

1.1.2 Rayonnement gamma

Rayonnement électromagnétique constitué de photons de haute énergie, issu du noyau des atomes.

1.1.3 Positon

Particule nucléaire élémentaire dont la masse est égale à celle de l'électron et dont la charge électrique positive est de valeur identique à celle, négative, de l'électron. C'est une particule instable.

1.1.4 Traceur radioactif (ou radiotraceur)

Élément administré dans l'organisme puis détecté grâce à sa radioactivité.
Il peut être composé d'un radioélément seul (s'il existe un isotope radioactif de l'élément étudié) ou plus souvent d'une molécule vectrice et d'un marqueur radioactif :
- la molécule vectrice, choisie pour ses propriétés spécifiques lui permettant de se fixer dans un tissu ou un organe déterminé ;
- le marqueur radioactif, atome radiactif, obtenu artificiellement, fixé à la molécule vectrice, émettant un rayonnement détectable.

Le traceur radioactif est un médicament.

1.2 Principe physique

La médecine nucléaire désigne l'**ensemble des techniques médicales utilisant des molécules radioactives en sources non scellées**.
Elle comprend plusieurs domaines :
- l'**imagerie fonctionnelle** (scintigraphies, TEP-TDM) ;
- la **radio-immunologie** : utilisée pour des dosages biologiques ;
- la **radiothérapie interne** (métabolique) : à but thérapeutique (cancer de la thyroïde principalement).

Les deux premiers domaines sont des applications diagnostiques de la médecine nucléaire.

Pour aller plus loin

Un peu d'histoire…

Le phénomène de radioactivité naturelle a été découvert sur l'uranium par le physicien français Henri Becquerel en 1896, comme la transformation d'un élément instable (nommé radio-isotope) en élément stable. Cette transformation est appelée désintégration et produit une énergie sous forme d'un rayonnement ionisant de nature variable (rayons α, β ou γ).

Irène et Frédéric Joliot-Curie produisent le premier élément radioactif artificiel, le radiophosphore, en 1934.

En 1958, Anger met au point le premier détecteur utilisé en scintigraphie : la gammacaméra (appareil permettant de mesurer la radioactivité organique).

Le principe de l'imagerie en médecine nucléaire repose sur **l'administration d'un traceur radioactif** qui, en fonction de ses propriétés spécifiques, **se distribue dans l'organisme**. On étudie ensuite la **répartition de ce traceur** en repérant la radioactivité qu'il produit lors de sa désintégration, grâce à un **détecteur**. Ce type d'examen est appelé scintigraphie. C'est une imagerie surtout **fonctionnelle** (à la différence des imageries TDM, IRM, échographiques qui sont essentiellement anatomiques).

Deux types de rayonnements sont utilisés :

- **le rayonnement monophotonique** : radioélément se désintégrant en émettant un rayonnement gamma sous forme d'un photon (**scintigraphie gamma**). L'image obtenue peut être bidimensionnelle (scintigraphie planaire) ou tridimensionnelle (tomographie d'émission monophotonique) ;
- **le rayonnement biphotonique** : radioélément se désintégrant en émettant un positon, instable, qui s'annihile avec un électron en produisant deux photons gamma de 511 keV (tomographie par émission de positons ou **TEP**). L'image obtenue est toujours tridimensionnelle.

IMPORTANT

TEP-TDM

La tomographie par émission de positon est une méthode scintigraphique en trois dimensions. Elle diffère des autres scintigraphies par l'emploi de traceurs radioactifs émettant un rayonnement biphotonique (et non monophotonique). Ce rayonnement est détecté par une caméra à positons.

Lorsque la TEP est couplée à la TDM, pour corriger l'atténuation et pour une meilleure définition anatomique, on parle de TEP-TDM.

Le traceur le plus utilisé actuellement est le 18-fluorodésoxyglucose (18-FDG, analogue du glucose, marqué par un ion fluor radioactif). Il existe d'autres traceurs, moins répandus (18-fluoroDOPA, 18-fluorocholine, 18-fluoroNa), pour obtenir des images de TEP-TDM.

1.3 Étapes d'obtention d'une image scintigraphique

1.3.1 Production des radioéléments

Les radioéléments utilisés en médecine sont d'origine artificielle et produits par des générateurs, des réacteurs ou des cyclotrons. Ils présentent une **décroissance naturelle**, ce qui explique leur **durée de vie limitée**. Les radioéléments émetteurs de positons sont produits par des cyclotrons, et, du fait de leur demi-vie plus courte que les autres traceurs radioactifs, ils nécessitent un lieu de production proche du lieu d'utilisation.

1.3.2 Administration du traceur radioactif

Elle se fait le plus souvent **par voie intraveineuse**, mais d'autres voies sont possibles (inhalation notamment pour les scintigraphies pulmonaires de ventilation).

Les traceurs radioactifs sont multiples en fonction des indications et de l'organe examiné.

Exemples de traceurs radioactifs : radioéléments utilisés seuls

Traceurs radioactifs	Utilisations
Iode-123, iode-131	Explorations thyroïdiennes
Thallium-201 (analogue au potassium)	Explorations myocardiques
Gallium-47	Bilan de lymphome et recherche de foyer infectieux

Exemples de traceurs radioactifs : molécules vectrices à coupler à un radioélément

Traceurs radioactifs	Utilisations
Albumine humaine	Explorations pulmonaires, cardiaques et vasculaires
DTPA	Explorations rénales
Diphosphonates	Explorations osseuses
MIBI	Explorations myocardiques, parathyroïdiennes
MAG-3	Explorations rénales

Exemples de traceurs radioactifs : radioéléments utilisés couplés à une molécule vectrice

Traceurs radioactifs	Utilisations
Technétium-99m (métastable)	Marquage de 99 % des molécules vectrices
Indium-111	Rares (marquage du pentétréotide pour l'OctréoScan®)

1.3.3 Distribution

Le traceur radioactif se distribue dans l'organisme en fonction des affinités de la molécule vectrice selon différents mécanismes (captation métabolique, couplage anticorps-antigène, captation par des récepteurs ou par un processus pathologique : inflammatoire, néoplasique…).

1.3.4 Détection

Elle se réalise au bout d'un délai variable (immédiatement jusqu'à quelques jours après) en fonction de la cinétique de fixation du traceur dans l'organe étudié :

- **au moyen d'un détecteur à scintillation** également appelé gammacaméra ; chaque photon gamma émis est transformé en électron par le cristal du détecteur, et peut être localisé précisément. L'enregistrement sur un temps défini de ces photons émis permet d'obtenir une image complète de l'organe examiné. La concentration du radio-isotope est également considérée ;
- **ou au moyen d'une caméra à positons**, en TEP, présentant la caractéristique de détecter les photons d'énergie 511 KeV, issus de l'annihilation du positon avec un électron.

Le volume exploré dépend du type de scintigraphie : corps entier pour la scintigraphie osseuse, thorax pour la scintigraphie pulmonaire, région cervicale pour la scintigraphie thyroïdienne…

Pour augmenter la précision anatomique et pour corriger l'atténuation en profondeur, la **caméra peut être couplée à la TDM** : on peut alors réaliser une fusion des images scintigraphiques et tomodensitométriques.

IMPORTANT

Les gammacaméras et les caméras à positons n'émettent elles-mêmes aucun rayonnement ionisant, les acquisitions peuvent être répétées sans risque supplémentaire. L'irradiation est uniquement proportionnelle à la dose de produit radioactif injecté (elle-même adaptée au poids du patient).

1.3.5 Enregistrement et traitement de l'image

Les données, numérisées, sont transférées sur un système informatique où elles peuvent être post-traitées et interprétées.

2 Sémiologie

La sémiologie scintigraphique repose sur la répartition du traceur radioactif dans l'organe (ou les organes) étudié(s). **Elle est en premier lieu fonctionnelle**. On étudie donc :

- **l'intensité de la fixation** du traceur (défaut de fixation, hypo-iso-hyperfixation). Elle peut être évaluée qualitativement ou quantitativement (en TEP-TDM surtout) ;
- **la cinétique de la fixation** (précoce, tardive…) ;
- **la modification de la fixation** par une action (effort/repos, administration d'un médicament) ;
- l'homogénéité, la forme, la localisation de la fixation.

Certains organes présentent une **hyperfixation physiologique** du radiotraceur, en fonction du métabolisme de ce dernier, notamment les voies urinaires et la vessie (pour tous les radiotraceurs à élimination urinaire).

Chaque examen scintigraphique possède sa propre sémiologie. Par exemple, sur une scintigraphie pulmonaire, on recherche des défauts de fixation, tandis que sur une TEP-TDM, on cherche à détecter des foyers d'hyperfixation anormale.

Selon les examens et les choix du médecin nucléaire, les images peuvent être rendues en niveaux de gris ou en échelle de couleurs.

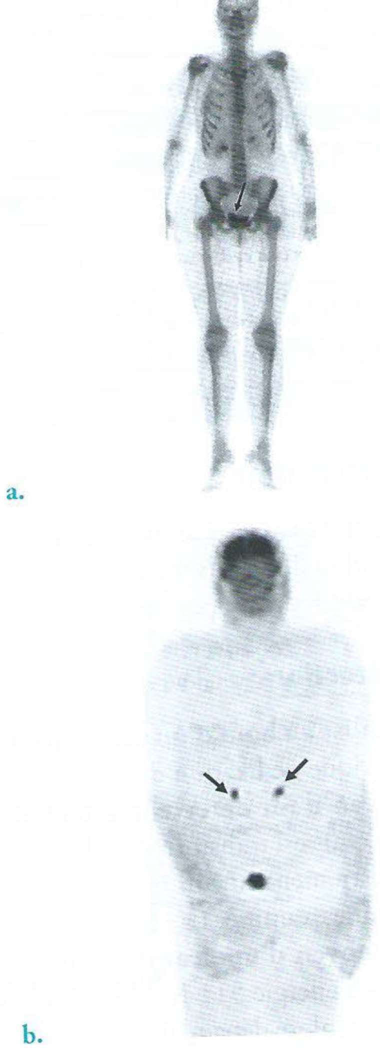


Figure 37 - Fixations physiologique en scintigraphie et en TEP

a. Scintigraphie osseuse corps entier, de face. Fixation physiologique vésicale (flèche) et a minima des pyélons ; **b.** TEP au 18. FDG, reconstruction coronale en projection d'intensité maximale. Fixation physiologique cérébrale, pyélique (flèche) et vésicale.

3 Effets secondaires

Ils sont de trois types :

- **secondaires à la radioactivité** : c'est l'effet secondaire le plus important (*détaillé dans le chapitre 9 sur la radioprotection, voir page 63*) ;
- **secondaires aux traceurs radioactifs** : ils sont exceptionnels, sous forme de réaction allergique. En particulier, le radio isotope iodé ne provoque pas de réaction allergique ;
- **secondaires aux autres médicaments utilisés pour réaliser l'examen** ; par exemple, en scintigraphie cardiaque pour les épreuves de provocation : dipyridamole et adénosine. Il s'agit de douleurs thoraciques, d'hypotension artérielle, de céphalées, de nausées, et de rares réactions allergiques.

Chapitre 6
Tableaux synthétiques

Les bases physiques des différentes modalités d'imagerie sont résumées dans le tableau suivant :

Modalité	Base physique
Radiographie conventionnelle	Rayons X
TDM	Rayons X
Échographie	Ultrasons
IRM	Radiofréquence
Médecine nucléaire	Rayons gamma

Quelle que soit la modalité d'imagerie présentée, le même plan de description et d'analyse doit être utilisé :

Identification de l'image présentée	Modalité d'imagerie : radiographie conventionnelle, échographie, TDM, IRM, scintigraphie
	Organe(s) exploré(s)
	Type de coupe (en TDM et en IRM) : axiale (transversale), coronale (frontale), sagittale
	Type d'acquisition : injection/séquence
	Fenêtre choisie (examen TDM) : parenchymateuse, osseuse
Description de l'anomalie	Densité, signal, échogénicité, fixation
	Localisation
	Nombre
	Taille
	Caractère hétérogène/homogène
	Prise de contraste
	Rapports
	Lésions associées
Analyse et conclusion	Proposition diagnostique

Sous-partie 2

Du choix à la réalisation d'un examen d'imagerie

Indications, contre-indications, précautions et déroulement des examens

Cette sous-partie a plusieurs objectifs :

- **exposer la démarche de prescription d'un examen d'imagerie** ;
- **expliquer les contre-indications et les limites des examens d'imagerie.** Dans ce cadre, des chapitres sont dédiés d'une part à la **radioprotection** (pour les examens utilisant des rayonnements ionisants), et d'autre part **aux produits de contraste** à base d'iode et de gadolinium ;
- **présenter les principales indications des examens d'imagerie** les plus couramment pratiqués.

Chapitre 7
Choix d'un examen d'imagerie

Afin de prescrire au mieux un examen d'imagerie, plusieurs éléments sont indispensables :
- **déterminer le ou les objectifs de l'examen** ;
- **connaître les performances** de la ou des modalités d'imagerie envisageables ;
- **considérer enfin des données complémentaires** telles que le coût, la disponibilité et les risques respectifs des différentes options.

Cette démarche n'est pas spécifique aux examens d'imagerie, elle est valable pour tout autre examen complémentaire.

Ne pas prescrire un examen (inutile, insuffisamment informatif par rapport aux questions posées ou pour lequel la balance bénéfice/risque n'est pas favorable) **est également un acte médical**.

1 Indications d'un examen d'imagerie

Elles sont de plusieurs types : à visée diagnostique, de surveillance et de suivi.

1.1 Examens à visée diagnostique

1.1.1 Différents types de diagnostics

Les examens d'imagerie sont le plus fréquemment demandés dans un but diagnostique.
Le diagnostic peut se décliner sous plusieurs formes.

	Description
Diagnostic positif	Lorsque l'on demande à l'examen d'appuyer un diagnostic suspecté. Il s'agit de tester une hypothèse formulée sur les bases de données cliniques et souvent paracliniques ; selon les cas, l'examen d'imagerie suffira à affirmer ce diagnostic, tandis que dans d'autres situations (en oncologie notamment), l'imagerie orientera fortement vers un diagnostic qui devra être confirmé ou précisé par examen anatomopathologique.
Diagnostic étiologique	Recherche (ou orientation) de la cause responsable du diagnostic positif.
Diagnostic des complications	Évaluation des complications secondaires au diagnostic positif.
Diagnostic de l'extension	En oncologie, il s'agit de préciser l'extension locale, régionale et à distance d'une lésion tumorale.

De ces différentes informations, en particulier des diagnostics de complications et d'extension, peuvent découler des données **préthérapeutiques** (pour le choix du traitement) et/ou **pronostiques** (pour l'évaluation de la gravité). L'obtention de ces données est parfois une indication de l'examen, alors que le diagnostic positif est déjà connu.

Selon les cas, l'examen d'imagerie sera demandé pour remplir un ou plusieurs de ces rôles diagnostiques.

1.1.2 Exemples

Prenons pour exemples deux situations cliniques.

TDM abdomino-pelvienne

Une TDM abdomino-pelvienne est demandée pour un patient présentant un syndrome occlusif d'allure grêlique sur l'ASP.

	Description
Diagnostic positif	L'examen met en évidence une dilatation des anses grêles qui confirme le diagnostic positif d'occlusion grêlique.
Diagnostic étiologique	L'examen montre la présence d'une bride, qui est la cause de l'occlusion.
Diagnostic des complications	L'examen précise la présence d'un défaut de prise de contraste des anses grêles traduisant une souffrance digestive.
Diagnostic de l'extension	Cet élément n'a pas de pertinence dans ce cas.

Au total, la TDM abdomino-pelvienne pose le diagnostic d'une occlusion grêlique, dont l'origine est une bride, compliquée d'une souffrance digestive.

TDM thoracique

Une TDM thoracique est demandée pour explorer une opacité pulmonaire vue à la radio de thorax chez une patiente présentant une toux prolongée.

	Description
Diagnostic positif	L'examen met en évidence une opacité à contours spiculés, orientant fortement vers une lésion tumorale. Dans ce cas, comme vu plus haut, le diagnostic positif de certitude devra être affirmé par l'anatomopathologie.
Diagnostic étiologique	Il peut s'agir d'une orientation étiologique, sans possibilité d'être affirmatif ni exhaustif. Par exemple, la présence d'un emphysème diffus et d'un syndrome bronchique pourra faire évoquer un facteur de risque tabagique.
Diagnostic des complications	L'examen doit rechercher les conséquences locales de la lésion tumorale, par exemple l'obstruction d'une artère ou d'une veine pulmonaire. Il recherche également une embolie pulmonaire.
Diagnostic de l'extension	C'est le point crucial de l'examen puisqu'il va permettre la classification tumorale à visée préthérapeutique. L'examen précise la taille de la lésion, sa proximité par rapport à la carène, son extension pleuropariétale, ganglionnaire. Il recherche aussi la présence de métastases pulmonaires controlatérale, osseuse ou surrénalienne.

Au total, la TDM thoracique établit une forte suspicion de lésion tumorale broncho-pulmonaire, chez une patiente fumeuse, responsable d'une obstruction de la veine pulmonaire supérieure droite, classée, par exemple, T3 N1. Ces données sur l'extension tumorale sont de nature pronostique et permettent de déterminer une stratégie thérapeutique.

IMPORTANT

Une indication à part, l'examen de dépistage

Les examens de dépistage sont destinés à diagnostiquer une maladie asymptomatique, une anomalie ou un facteur de risque, avant l'apparition des signes cliniques. Certains examens d'imagerie sont utilisés comme examens de dépistage : la mammographie systématique après 50 ans pour le dépistage du cancer du sein, la radiographie de thorax pour le dépistage de l'entourage d'un patient tuberculeux.

1.2 Examen de surveillance ou de suivi

Il ne s'agit pas ici de poser un diagnostic mais de **suivre l'évolution d'une pathologie connue**, traitée ou non. L'indication la plus fréquente dans ce cas est le suivi de patients d'oncologie. L'examen est alors comparée aux précédentes explorations, afin d'évaluer l'efficacité d'un traitement (chirurgical, par chimiothérapie ou radiothérapie) ou de détecter une récidive.
Il existe d'autres situations cependant dans lesquelles une surveillance d'imagerie est demandée : l'évolution d'une lésion indéterminée ou sous traitement.

1.2.1 Surveillance de l'évolution d'une lésion indéterminée

Il peut s'agir par exemple d'un micronodule pulmonaire. S'il n'y a aucune modification de forme ou de volume de ce micronodule sur plusieurs examens successifs, il sera considéré comme bénin et la surveillance sera stoppée. Dans le cas contraire, des explorations invasives seront décidées ;

1.2.2 Surveillance de l'évolution de lésions (non tumorales) sous traitement

Il s'agit de vérifier que la lésion va réellement se stabiliser, décroître ou disparaître. Un exemple est le suivi d'une pancréatite aiguë grave. L'examen TDM à distance recherche une régression des lésions inflammatoires et surveille la taille des pseudo-kystes.

2 Performances d'un examen d'imagerie

Pour chaque indication, les examens d'imagerie ont des performances variables.
Le prescripteur doit les connaître, afin de demander la modalité d'imagerie la plus adaptée pour répondre aux objectifs qu'il s'est fixé.

2.1 Contexte

Il faut distinguer deux types de résultats pour un test :
- **qualitatif** : si le résultat est de type positif/négatif ;
- **quantitatif** : si le résultat est une donnée chiffrée.

Un résultat quantitatif peut être transformé en résultat qualitatif en déterminant un seuil de positivité *(voir page suivante « Validité interne »)*.
La performance d'un examen d'imagerie, ou plus largement d'un test, est :
- dans le cas d'un résultat qualitatif, **sa capacité à réaliser le diagnostic correct** ;
- dans le cas d'un résultat quantitatif, **sa capacité à réaliser une mesure correcte**.

Pour évaluer cette performance, il faut disposer d'un **test de référence** (gold standard), considéré comme « vérité ».

Pour aller plus loin

Coefficient de concordance

En l'absence de test de référence, il existe d'autres méthodes pour évaluer les performances d'un test, comme les tests de reproductibilité (calcul du coefficient de concordance Kappa à partir de plusieurs réalisations successives du test).

2.2 Validité d'un examen

Elle se décompose en **validité interne** et **validité prédictive**.
Pour déterminer ces validités, on s'appuie sur un **tableau de contingence,** ou les résultats du test (ici, l'examen radiologique) sont exprimés par rapport aux résultats de l'examen gold standard.

Tableau de contingence

	Test positif (E+)	Test négatif (E-)
Sujets malades (M+)	Vrais positifs (VP)	Faux négatifs (FN)
Sujets non malades (M-)	Faux positifs (FP)	Vrais négatifs (VN)

Vrai positif : sujet malade présentant un test positif.
Faux positif : sujet sain présentant un test positif.
Vrai négatif : sujet sain présentant un test négatif.
Faux négatif : sujet maladie présentant un test négatif.

2.2.1 Validité interne

La validité interne est la capacité du test à reconnaître sujets malades et sujets non malades (qualité intrinsèque du test).

Sensibilité (Se) d'un examen

Elle représente la **capacité de l'examen à détecter les sujets malades.**
Elle correspond au nombre de sujets malades ayant un examen positif par rapport au nombre total de sujets malades :

$$Se = VP / (VP + FN)$$

Spécificité (Sp) d'un examen

Elle représente la **capacité d'un test à ne pas détecter les sujets sains.**
Elle correspond au nombre de sujets sains ayant un examen négatif par rapport au nombre total de sujets sains :

$$Sp = VN / (VN + FP)$$

Prévalence

Sensibilité et spécificité ne varient pas avec la prévalence (Pr) de la maladie (la prévalence étant le nombre de sujets malades dans une population à un instant donné) : elles seront donc les mêmes, que la maladie explorée soit fréquente ou rare dans une population.
En revanche, elles varient en fonction de la valeur seuil de l'examen.

Valeur seuil

La valeur seuil est une valeur déterminée qui **permet de transformer les résultats quantitatifs d'un examen en résultats qualitatifs**. En dessous de cette valeur seuil, le résultat de l'examen est dit négatif, au-dessus, il est dit positif.
Lorsque la valeur seuil diminue, la sensibilité de l'examen augmente mais la spécificité diminue.
Prenons un exemple : en imagerie, on admet fréquemment (en sachant que ce critère est peu satisfaisant) que la valeur seuil d'un ganglion pathologique est de 10 mm, c'est-à-dire que l'on considère qu'un ganglion de 7 mm n'est pas pathologique, tandis qu'un ganglion de 12 mm l'est.

Si finalement on choisit de placer cette valeur seuil à 5 mm (soit un abaissement de la valeur seuil) :

- on détectera beaucoup plus de ganglions comme positifs (VP + FP), et le risque de ne pas détecter un ganglion réellement pathologique (VP) devient plus faible : la sensibilité de l'examen s'améliore ;
- mais parmi les ganglions détectés comme positifs, il y aura également plus de ganglions non pathologiques et détectés à tort (FP), donc la spécificité diminue.

Courbe ROC

On représente souvent les variations de sensibilité et de spécificité d'un examen sous la forme d'une courbe ROC (*Receiver Operating Characteristic*). **Cette courbe illustre la relation existante entre la sensibilité et la spécificité d'un test en fonction de la valeur seuil choisie.**

L'idéal serait d'obtenir à la fois une sensibilité et une spécificité égales à 1, ce qui n'est en réalité jamais possible.

La courbe ROC permet de déterminer alors la valeur seuil la plus adaptée aux besoins de l'examen, selon que l'on souhaite privilégier la sensibilité ou la spécificité.

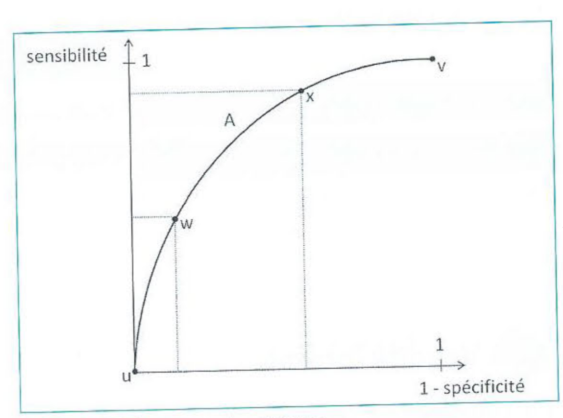


Figure 38 - Courbe ROC 1

Considérons le test représenté par la courbe A dans la figure 38.

Chaque point d'une courbe correspond à une valeur seuil choisie, en fonction de laquelle on obtient une sensibilité et une spécificité donnée.

Prenons deux exemples :

Points u et v (deux choix de valeurs extrêmes)	Valeur seuil u : valeur seuil très élevée, donc sensibilité nulle et spécificité maximale (100 %).
	Valeur seuil v : valeur seuil très basse, donc sensibilité maximale (100 %) et spécificité nulle.
Points w et x (deux choix de valeurs seuil)	Valeur seuil w : sensibilité égale à 50 %, 1– spécificité égal à 14 % d'où spécificité égale à 86 %. On obtient donc une sensibilité médiocre mais une spécificité satisfaisante.
	Valeur seuil x (plus basse que la valeur w) : sensibilité égale à 90 %, 1– spécificité égal à 56 %, d'où spécificité égale à 44 %. Au contraire de la valeur seuil w, la sensibilité est ici bonne mais la spécificité faible.

L'aire sous la courbe ROC estime la performance diagnostique du test, soit, comme dit plus haut, sa capacité à réaliser le bon diagnostic.

Plus cette aire sous la courbe est proche de 1, plus le test est discriminant, avec un faible taux de faux négatifs et de faux positifs. Si l'aire sous la courbe est égale à 0,5, le test n'est aucunement discriminant et revient à s'en remettre au hasard.

L'aire sous la courbe C, proche de 1, est supérieure à l'aire sous la courbe A, elle-même supérieure à l'aire sous la courbe B (qui est de 0,5). C'est le test C qui est le plus discriminant, le test B est non discriminant, tandis que le test A est intermédiaire.

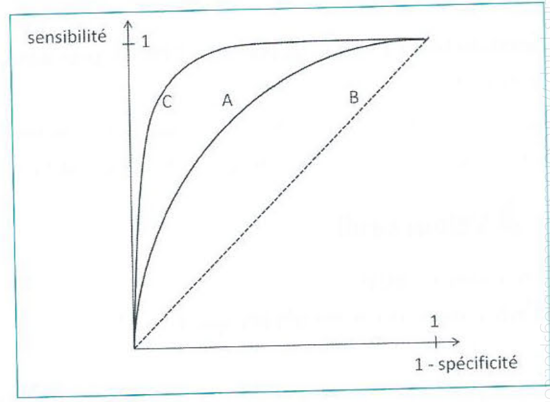


Figure 39 - Courbe ROC 2

Pour aller plus loin

Rapports de vraisemblance

Ces sont des indices très intéressants qui permettent d'exprimer sensibilité et spécificité en une seule donnée. Ils correspondent, pour un résultat d'examen donné (positif ou négatif), à la probabilité d'être malade par rapport à la probabilité de ne pas l'être. Ils sont de deux types : positif et négatif.

Rapport de vraisemblance positif (RVP)

Il compare la probabilité d'un test positif chez un sujet malade à la probabilité d'un test positif chez un sujet sain :

$$RVP = VP / FP = Se / (1 - Sp)$$

Un RVP égal à 4 signifie que le test a quatre fois plus de chance d'être positif chez un sujet malade que chez un sujet sain. L'apport diagnostique d'un résultat positif est donc d'autant plus grand que le RVP est élevé. Au contraire, un RVP égal à 1 signifie que le test n'est aucunement discriminant.

Rapport de vraisemblance négatif (RVN)

Il compare la probabilité d'un test négatif chez un sujet malade à la probabilité d'un test négatif chez un sujet est sain :

$$RVN = FN / VN = (1 - Se) / Sp$$

Un RVN égal à 0,25 signifie que le test a quatre fois plus de chance d'être négatif chez un sujet sain que chez un sujet malade. L'apport diagnostique d'un résultat négatif est donc d'autant plus grand que le rapport de vraisemblance négatif est proche de 0.

2.2.2 Validité prédictive

Les valeurs prédictives calculent la probabilité de maladie ou d'absence de maladie sachant le résultat du test. Elles trouvent leur intérêt en pratique clinique :

- **valeur prédictive positive** (VPP) : c'est la probabilité d'être malade lorsque le test est positif ;
- **valeur prédictive négative** (VPN) : c'est la probabilité de ne pas être malade lorsque le test est négatif.

VPP et VPN dépendent de trois paramètres :

- **sensibilité** ;
- **spécificité** ;
- **prévalence de la maladie** dans la population étudiée : pour un examen donné, si la prévalence augmente, la VPP augmente et la VPN diminue.

Dans le cas où le tableau de contingence est élaboré sur une population représentative (population de l'échantillon similaire à la population cible), la prévalence de la maladie est calculée selon la formule :

$$Pr = VP + FN / (VP + FN + VN + FP)$$

Dans ce cas, VPP et VPN peuvent être calculés directement par les formules :

$$VPP = VP / (VP + FP)$$

$$VPN = VN / (VN + FN)$$

Comme la sensibilité et la spécificité, la VPN et VPP doivent être considérées simultanément.

Pour aller plus loin

Détermination des VPP et VPN d'un examen dans une population cible différente de l'échantillon

On utilise dans ce cas le théorème de Bayes. Il faut alors disposer de la prévalence (Pr) de la maladie dans la population cible, ainsi que de la spécificité et de la sensibilité de l'examen.

$$VPP = Se \times Pr / [(Se \times Pr) + (1 - Sp) \times (1 - Pr)]$$

$$VPN = Sp \times (1 - Pr) / [Sp \times (1 - Pr) + (1 - Se) \times Pr]$$

2.3 Synthèse

Spécificité, sensibilité, valeurs prédictives et rapports de vraisemblance renseignent sur la performance d'un examen dans une situation clinique précise.

Il est nécessaire de les connaître lorsque l'on fait une prescription, afin d'accorder aux résultats de l'examen le crédit qu'il mérite.

Si la sensibilité de l'examen est élevée et que l'examen est négatif, on pourra considérer que la probabilité que le sujet soit malade est faible. Au contraire, si la sensibilité de l'examen est faible et que le patient est suspect d'être malade, on ne pourra se contenter d'un examen négatif.

Afin de choisir le bon examen, **il faut bien formuler la question posée** :

- **confirmation d'une maladie suspectée** : choisir un test avec une spécificité élevée afin d'éviter de traiter des sujets sains ;
- **dépistage** : s'adresse à des sujets ne se plaignant de rien, a priori sains : choisir un test à sensibilité élevée afin de ne manquer l'identification de sujets malades éventuellement suivi d'un test de confirmation à spécificité élevée.

Les performances de l'examen ne sont pas les seuls éléments à considérer dans le choix définitif de l'examen le plus approprié.

3 Autres éléments à prendre en compte pour le choix d'un examen d'imagerie

Une fois déterminé le but de l'examen et en ayant en tête les performances de chaque modalité, d'autres éléments doivent être considérés.

3.1 Risques de l'examen

3.1.1 Types de risques

En imagerie médicale, il existe plusieurs risques :

- **liés à l'emploi des produits de contraste** (en angiographie TDM et IRM) : allergie, risque rénal (produits de contraste iodés), risque de fibrose systémique néphrogénique (produits de contraste gadolinés)… ;
- **liés aux rayonnements ionisants (radiographie conventionnelle, TDM, médecine nucléaire)**, en particulier lors d'examens répétés, chez l'enfant et le sujet jeune, et chez la femme enceinte ;
- **liés aux examens invasifs** (gestes diagnostiques ou thérapeutiques radio- ou échoguidés, angiographie…). Il s'agit de risques infectieux, hémorragiques, de perforation d'organes creux.

Ces risques sont détaillés plus loin dans les chapitres dédiés.

Il existe d'autres types de risque plus anecdotiques mais qui peuvent avoir un poids particulier pour certains patients :

- risque de la mobilisation d'un patient de réanimation pour subir un examen TDM ou IRM ;
- risque infectieux pour un patient immunodéprimé de circuler dans un service d'imagerie médicale.

3.1.2 Arbitrage risque/bénéfice

D'un autre côté, **le bénéfice attendu d'un examen d'imagerie est de pouvoir répondre à la question posée initialement**, qu'il s'agisse d'un examen diagnostique ou de surveillance.

En réalité, le bénéfice réel pour le patient **doit être considéré en termes de prise en charge thérapeutique**. Un examen d'imagerie est bénéfique pour le patient s'il permet d'initier, de modifier ou de maintenir un traitement précis, dépendant au moins en partie des résultats de l'imagerie.

Dans tous les cas, **la balance bénéfice/risque doit être évaluée avec précision** : il faut mesurer si les risques encourus par l'examen sont acceptables ou non au regard du bénéfice attendu des résultats.

De mêmes risques peuvent être considérés comme acceptables ou non en fonction du type de patient et de la question posée. **Risque et bénéfice sont donc des notions variables.**

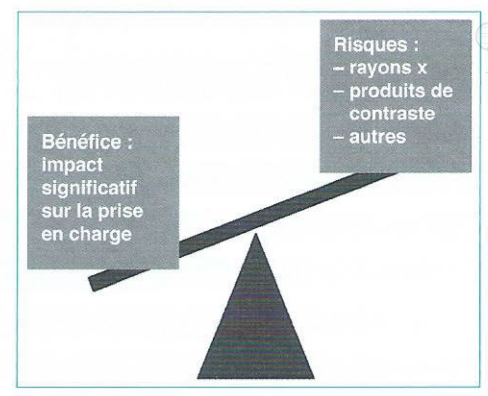


Figure 40 - Représentation de la balance bénéfice/risque

3.1.3 Quand renoncer à effectuer un examen

Il faut en conséquence :

- **savoir renoncer à un examen comportant des risques lorsque la prise en charge du patient ne sera pas modifiée** quels que soient ses résultats, même si en effet cet examen est susceptible d'apporter des précisions diagnostiques ou d'évolution ;
- **pouvoir se contenter d'un examen moins performant mais comportant moins de risque** (échographie *versus* TDM ou encore TDM sans injection de produit de contraste iodé versus TDM avec produit de contraste iodé) si celui-ci apporte des informations certes moins précises mais cependant suffisantes pour décider d'une attitude thérapeutique.

3.2 Disponibilité de l'examen

Lorsqu'une modalité d'imagerie a été choisie compte tenu de ses performances dans une indication précise, **il arrive que sa faible disponibilité doive faire renoncer à l'employer** ou du moins à différer son utilisation.

Le cas le plus flagrant est celui de l'IRM. Le parc d'IRM est en France insuffisant pour répondre à toutes les demandes d'examens dans un délai rapide. Dans ce cas, lorsque la question posée nécessite une réponse urgente, il faut parfois demander un autre examen moins performant (mais apportant cependant des éléments de réponse pertinents !) mais plus rapidement disponible (TDM, échographie…).

3.3 Coût de l'examen

Dans une logique de bonne pratique médicale et d'économie de santé, **il apparaît indispensable de considérer le coût des examens**.

Lorsqu'il existe deux examens susceptibles de répondre à la question posée, avec des performances et des risques équivalents, c'est bien sûr l'examen le moins coûteux qui sera choisi.

Par exemple, la recherche isolée d'une stéatose hépatique, qui peut se faire en échographie ou en IRM, devra se faire en première intention en échographie. Le rapport coût-bénéfice sera plus favorable.

Le tableau ci-dessous donne, à titre indicatif, le coût des examens d'imagerie parmi les plus prescrits.

Examen	Coût en euros
Radiographie de thorax	28,16
Radiographies du rachis lombaire	66,42
Échographie abdominale	56,7
TDM cérébrale injectée	140,89
TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste	258,13
IRM cérébrale	274,38
IRM du genou	274,38
Scintigraphie pulmonaire de perfusion et de ventilation	357,29
TEP-TDM	1 089,54

Le coût indirect de l'examen est également à considérer (perte d'un temps de travail, hospitalisation prolongée en cas de complications…).

3.4 Spécificités du patient

Si l'on considère deux patients pour lesquels une même question est posée, la modalité d'imagerie la plus adaptée peut varier :

- en fonction des **contre-indications propres** présentées par chaque patient : par exemple un patient porteur d'un pacemaker interdisant la réalisation d'une IRM cérébrale. Dans ce cas, il faudra se contenter d'une TDM cérébrale ;
- en fonction d'une **susceptibilité variable aux risques des examens**, par exemple un patient suivi pour une maladie de Crohn, subissant des examens irradiants répétés, pour lequel une IRM abdominale sera préférée à une TDM pour rechercher un abcès profond ;
- en fonction de **facteurs individuels limitant les performances d'un examen (sensibilité, spécificité…)**, par exemple un patient corpulent, présentant une suspicion d'appendicite, pour lequel la TDM abdominale devra être préférée à l'échographie.

4 Synthèse pour la prescription d'un examen d'imagerie

La démarche de prescription d'un examen d'imagerie peut être résumée selon le schéma suivant.

Étape 1
Détermination du ou des buts de l'examen, pouvant se formuler sous forme de question

↓

Étape 2
Évaluation de l'aptitude des différentes modalités d'imagerie pour répondre à la question posée

↓

Étape 3
Prise en compte d'éléments complémentaires :
- risques
- disponibilité
- coût
- facteurs propres au patient

↓

Synthèse
Prescription de l'examen le plus adapté

Autant que possible, lorsqu'il existe des données, **il faut se référer aux référentiels médicaux** disponibles (publications de la Haute Autorité de Santé, références médicales opposables, guides de bonnes pratiques cliniques…).
Enfin, indépendamment de l'examen choisi, il ne faut pas oublier que **le patient doit donner son accord à sa réalisation**.

Chapitre 8

Formuler une ordonnance pour un examen d'imagerie et lire un compte rendu d'imagerie

1 Formuler une demande ou une ordonnance pour un examen d'imagerie

La demande ou l'ordonnance d'imagerie est la suite logique de la démarche détaillée au chapitre précédent.

1.1 Contenu de l'ordonnance

1.1.1 Renseignements fondamentaux

L'encadré suivant donne les éléments indispensables qui doivent y figurer.

- La **date de la prescription**.
- L'**identité du patient** (avec numéro d'identification à l'hôpital) : nom, prénom, date de naissance, sexe.
- L'**identité du prescripteur** avec ses coordonnées. En effet, le médecin doit impérativement pouvoir être averti en cas de survenue de complications au cours de l'examen, ou si les résultats de l'examen justifient une prise en charge urgente.
- Le **délai demandé pour la réalisation de l'examen**. Il peut s'agir d'un examen urgent, à réaliser dans les heures qui suivent, dans les 48 heures, ou encore à programmer parfois à une date précise.
- Les **modalités d'imagerie demandée** et **région à explorer**.
- Les **renseignements cliniques et objectifs de l'examen** : c'est le point crucial qui fait parfois défaut, mais qui est capital pour choisir la meilleure modalité d'exploration et le meilleur protocole :
  - les **antécédents pertinents du patient** ;
  - les **signes cliniques présentés** ;
  - les **résultats d'éventuels examens complémentaires** (et en particulier s'il y a eu d'autres examens d'imagerie) ;
  - **le ou les objectifs de l'examen** (*voir ci-dessus*) : examen à visée diagnostique, examen de surveillance…
- Les **contre-indications potentielles** (*détaillées dans les paragraphes suivants pour chaque modalité, et résumées dans le tableau page 61*).

1.1.2 Précisions particulières

Dans le cas d'un examen diagnostique, le prescripteur précise le ou les diagnostics suspectés.
Dans le cas des radiologies standard, il faut préciser les incidences souhaitées.
Pour les TDM et les IRM, il est en général inutile de préciser le protocole d'exploration (« avec injection d'iode », « séquences Flair »...). Le radiologue, en tenant compte des informations cliniques, de la question posée et des éventuelles contre-indications présentées par le patient (et mentionnées dans la demande), choisira le protocole le mieux adapté.

1.1.3 Intérêt d'une ordonnance bien formulée

Tous ces éléments concourent à la réalisation d'un examen :

- **se déroulant dans des conditions de sécurité maximales** : absence de problème d'identité du patient (à l'hôpital), connaissance d'une hypersensibilité, possibilité de joindre le prescripteur rapidement en cas de besoin... ;
- **apportant des informations optimales** : le radiologue, bien renseigné sur le but de l'examen, choisira le protocole le plus adapté pour répondre à la question posée, en gardant toujours la notion du rapport bénéfice/risque de l'examen. Disposant des examens antérieurs, il pourra effectuer une comparaison pertinente pour le clinicien.

1.2 Contre-indications potentielles à l'examen d'imagerie

Modalités	Contre-indications potentielles
Radiographie conventionnelle	Grossesse
Échographie	Aucune (plusieurs limitations cependant, voir chapitres dédiés)
TDM	Grossesse
	Facteur de risque rénal et hypersensibilité si injection de produit de contraste
IRM	Port d'un pacemaker, d'un corps étranger intraoculaire ou d'une valve mécanique cardiaque ancienne
	Grossesse, facteur de risque rénal et hypersensibilité si injection de produit de contraste
Médecine nucléaire	Grossesse et allaitement

2 Lire un compte rendu d'imagerie

L'encadré suivant résume les éléments que doit comporter un compte rendu d'imagerie.

- L'**identification du patient** (nom, prénom, date de naissance, sexe).
- La **date de réalisation de l'examen** et la date de réalisation du compte rendu (parfois différentes).
- L'**indication de l'examen**, ainsi que le contexte clinique, tels qu'ils ont été compris par le radiologue.
- La **technique** : description du matériel utilisé et du protocole choisi pour mener l'exploration.
- Le cas échéant, l'**injection d'un produit de contraste** doit toujours être mentionnée, en précisant la nature exacte du produit et la quantité utilisée.
- Dans le cas d'examen utilisant les rayonnements ionisants, la **quantité d'irradiation** doit être détaillée sous forme de **produit dose surface** ou de **produit dose longueur** *(voir chapitre 3 « Radioprotection »)*.
- La **qualité de l'examen**, en particulier si l'examen n'a pas pu être réalisé dans des conditions satisfaisantes (patient agité ayant nécessité de choisir un protocole plus court en IRM, patient corpulent ayant rendu difficile la réalisation d'une échographie abdominale).
- **Tout incident survenu au cours de l'examen** : extravasation ou réaction d'hypersensibilité après injection de produit de contraste iodé, crise d'angoisse survenue dans l'IRM. Les mesures thérapeutiques entreprises doivent être également précisées.
- Les **résultats** : paragraphe détaillant les anomalies présentes le plus précisément possible (données chiffrées, références à des numéros de coupe en IRM et TDM…), ainsi que les signes négatifs pertinents.
- La **conclusion** qui synthétise les différentes anomalies de l'examen et présente une ou plusieurs hypothèses diagnostiques, avec un indice de confiance. Elle doit répondre au problème clinique posé dans l'indication. Elle recommande parfois une conduite à tenir et/ou un complément d'exploration par une autre modalité d'imagerie.
- Le **nom du ou des médecins ayant interprété et validé l'examen**.

Chapitre 9

Radioprotection

Item n° 26. Prévention des risques fœtaux : infection médicaments, toxiques, irradiation
Item n° 176. Risques sanitaires liés aux irradiations

La radioprotection est « **l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement** » (article 1er-I de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire). La radioprotection **s'applique à tous les domaines d'exposition aux rayonnements ionisants**, et donc pas seulement au domaine médical. La radioprotection en imagerie médicale est seulement un des volets de la radioprotection.

Elle s'applique à **la radiographie conventionnelle** et à **la TDM**, deux techniques qui utilisent des rayonnements ionisants (les rayons X), mais également à la **médecine nucléaire**.

Lorsque l'on est prescripteur de ces types d'examens, il est indispensable de connaître les principes de la radioprotection.

Pour les comprendre, il faut d'abord connaître :

- le **concept de dose** et l'**origine des rayonnements ionisants** ;
- les **effets biologiques des rayonnements ionisants**.

1 Concept de dose, origine et effets biologiques des rayons ionisants

1.1 Concept de dose

1.1.1 Définition

La dose désigne l'énergie déposée par unité de masse par un rayonnement ionisant.
Elle détermine la quantité de rayonnement reçu.

1.1.2 Deux formes de dose

Le concept de dose se décline sous plusieurs formes, dont les deux plus utiles sont :

- la **dose absorbée** : elle s'exprime en joule par kilogramme, soit en **Gray** (abrégé en Gy) dans le système international d'unité.
- la **dose efficace** : elle prend en compte la dose absorbée, mais également l'**efficacité biologique du rayonnement** et la **radiosensibilité des tissus concernés** selon la formule :

$$D \text{ efficace} = D \text{ absorbée} \times Wr \times Wt$$

avec Wr : facteur de pondération de l'efficacité biologique du rayonnement (égal à 1 pour les rayons X) et Wt : facteur de pondération de la radiosensibilité des tissus.

Les quantités sont exprimées **en Sievert** (abrévié en Sv), ou plus fréquemment en millisievert (mSv). C'est une grandeur qui permet de mesurer l'impact d'une irradiation sur les tissus biologiques, et qui est donc adaptée aux besoins de la radioprotection.

Pour aller plus loin

Dose équivalente

La dose équivalente est une grandeur de faible utilité pratique. Elle prend en compte la dose absorbée, pondérée par l'efficacité biologique du rayonnement (Wr) selon la formule

$$D\ \text{équivalente} = D\ \text{absorbée} \times Wr$$

Elle s'exprime également en Sievert (Sv).

1.1.3 Grandeurs dosimétriques pratiques

Ce sont les grandeurs dosimétriques qui figurent sur les comptes rendus de radiographie ou de tomodensitométrie.

En radiographie conventionnelle

On utilise le **produit dose-surface (PDS)**. C'est la dose moyenne absorbée dans l'air dans la section droite du faisceau de rayons X, multipliée par la surface de cette section. **Il est exprimé en Gy × cm².**

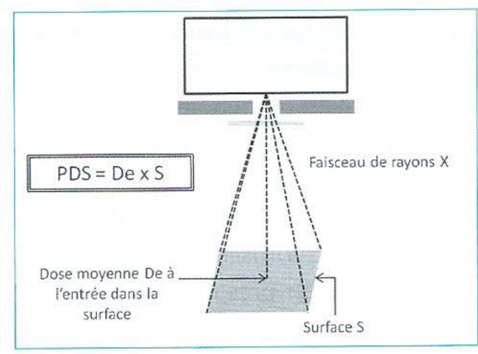


Figure 41 - Produit dose-surface

En TDM

Pour les besoins spécifiques de la TDM, on utilise d'autres indicateurs :

- **CTDI** ***(computed tomography dose index)*** : il correspond à la dose délivrée par une rotation du tube à rayons X, pour une « coupe » tomodensitométrique. **Il s'exprime en mGy.** Il est propre à chaque appareil et varie en fonction des paramètres d'acquisition ;
- **PDL (produit dose-longueur)** : il correspond au CTDI volumique multiplié par la longueur d'exploration. **Il s'exprime en mGy × cm. C'est cette valeur qui figure réglementairement sur les comptes rendus de TDM.**

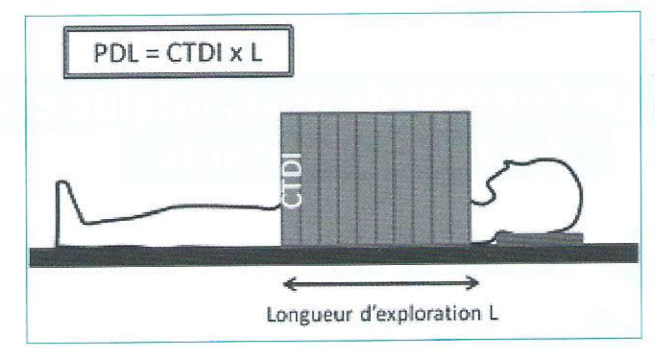


Figure 42 - Produit dose-longueur

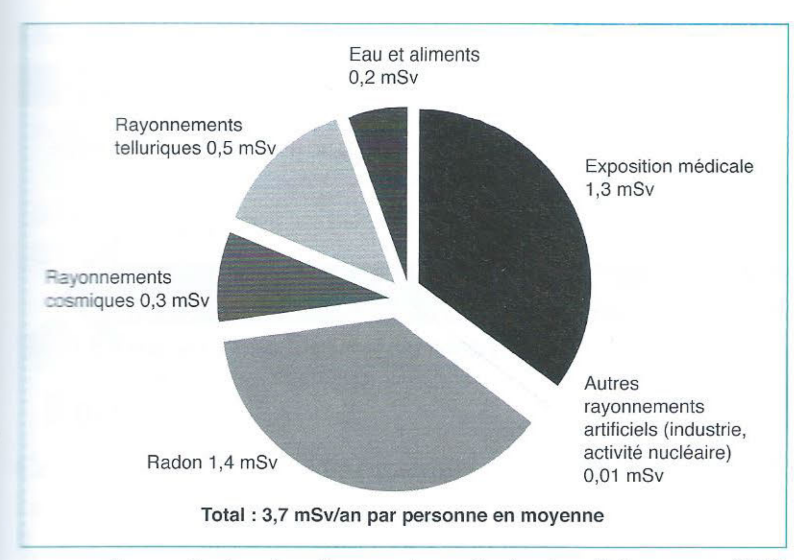
Une dose efficace peut être facilement estimée à partir du PDL grâce à des facteurs de conversion dépendant de la zone explorée.

1.2 Origine des rayonnements ionisants

L'imagerie médicale n'est pas la seule source de rayonnements ionisants pour la population. Elle en constitue cependant la principale source artificielle.

Les autres sources d'exposition sont les suivantes :

- **irradiation naturelle** : issue des sols (tellurique), du soleil (cosmique), du radon contenu dans l'air atmosphérique, de l'eau et des aliments ;
- **irradiation artificielle** : activité nucléaire et industrielle.



Source : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, rapport 2010.

Figure 43 - Sources d'exposition aux rayonnements ionisants de la population française (moyennes annuelles)

Le tableau ci-dessous expose quelques valeurs de doses (moyennes) pour les examens de radiodiagnostic les plus courants. Elles sont **à comparer à l'irradiation annuelle moyenne** d'un sujet, décrite ci-dessus.

Valeurs de doses (moyennes) pour les examens de radiodiagnostic courants

Examen pratiqué	Dose efficace moyenne délivrée (en mSv)
ASP (deux clichés)	1,1
Radio de thorax (un cliché)	0,05
Rachis lombaire (deux clichés)	2
TDM thoracique (avec injection de produit de contraste)	7,9
TDM abdomino-pelvienne	15,5
TDM cérébrale (avec injection de produit de contraste)	2,4

Source : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, 2011.

En médecine nucléaire, les irradiations dépendent de plusieurs facteurs (radiotraceurs utilisés, poids du patient…). Une scintigraphie pulmonaire de ventilation et de perfusion délivre habituellement moins de 5 mSv, une TEP-TDM entre 10 et 15 mSv (comprenant la dose délivrée par la TEP et la dose délivrée par la TDM).

1.3 Effets biologiques des rayonnements ionisants

Les rayons X, par leur pouvoir ionisant, **sont responsables d'altérations biologiques**.
Leurs effets se font à plusieurs niveaux :
- **moléculaire** : l'ionisation des molécules d'eau provoque la formation de radicaux libres (radiolyse de l'eau), tandis que l'ionisation des molécules d'ADN est responsable d'altérations plus ou moins réparables du patrimoine génétique ;
- **cellulaire** : ils sont la conséquence des altérations de l'ADN. Il peut s'agit de mort cellulaire ou de l'apparition de mutations ;
- **tissulaire** : ils apparaissent lorsqu'un nombre suffisant de cellules a été altéré. Chaque tissu constituant l'organisme possède une radiosensibilité propre.

Pour aller plus loin

Radiosensibilité des tissus

La radiosensibilité d'un tissu est proportionnelle à sa vitesse de renouvellement : plus un tissu présente une vitesse de renouvellement importante, plus il est vulnérable aux rayonnements ionisants.

faible → radiosensibilité → forte

tissu nerveux – tissu musculaire – tissu conjonctif – muqueuse intestinale – épiderme – gonades – tissu hémato poïétique – tissu embryonnaire

Pour un même tissu, la radiosensibilité varie également en fonction :
- de la phase du cycle cellulaire concerné ;
- de la température et teneur en oxygène du milieu ;
- de la nature du rayonnement.

Les effets biologiques des rayons X sont secondaires à deux types de rayonnements :
- **le rayonnement incident**. Il s'agit du rayonnement dirigé vers la zone explorée, qui permet d'obtenir l'image recherchée. Ses effets intéressent donc uniquement le patient ;
- **le rayonnement diffusé**. Il s'agit du rayonnement dévié lors de la réalisation de la radiographie. Ses effets intéressent à la fois le patient et toute personne pouvant se trouver à sa proximité lors de la réalisation du cliché.

1.4 Conséquences sur l'homme

On distingue deux types d'effets, déterministes et stochastiques.

1.4.1 Effets déterministes (non aléatoires)

Définition

Ce sont les effets qui surviennent de façon certaine si la dose seuil est dépassée.
Leur gravité croît avec la dose.
Il s'agit d'effets :
- de **mort cellulaire** ;
- de **tératogenèse** (anomalie du développement embryonnaire et fœtal).

Pour une même dose, la gravité est variable selon :
- **que la dose a été reçue en une fois** (irradiation aiguë), **ou en plusieurs fois** (irradiation chronique) ;
- **que l'irradiation a été globale** (intéressant le corps entier), **ou partielle** (intéressant une partie du corps).

Exemples

Les deux tableaux suivants détaillent quelques effets déterministes survenant pour les doses correspondantes.

Effets de l'irradiation globale

Effets	Dose efficace
Discrète chute du taux de lymphocytes sans signe clinique	0,3-1 Sv
Nausées, vomissements, céphalées, dépression transitoire des lignes sanguines	> 1 Sv
Décès rapide	10 Sv

Effets de l'irradiation partielle

Organe irradié	Effets	Dose efficace
Peau	Erythème	> 3 Sv
	Nécrose	20 Sv
Gonades	Stérilité	3 à 6 Sv (homme), 2,5 à 6 Sv (femme)
Œil	Cataracte	5 Sv

1.4.2 Effets stochastiques (ou aléatoires)

Définition

Ce sont des effets dont la probabilité de survenue croît avec la dose.
Leur gravité est indépendante de la dose.
Il s'agit d'effets liés à des altérations non réparées de l'ADN :
- **cancérogenèse** (mutations de l'ADN intéressant des cellules somatiques) ;
- **anomalies héréditaires** (mutations de l'ADN intéressant des cellules germinales).

De même que les effets déterministes, les effets stochastiques ne sont pas les mêmes selon que la dose a été reçue en une fois ou en plusieurs fractions.

Exemples

Un excès significatif de cancers solides a pu être mis en évidence pour des doses de l'ordre de 0,1 Sv, sans que cette valeur soit un seuil.
L'effet de mutagénicité (transmissions d'anomalies héréditaires) est mal connu, en l'absence d'étude scientifique.

1.4.3 Synthèse

Le tableau suivant résume les caractéristiques des effets des rayonnements ionisants.

Synthèse des effets déterministes et stochastiques

	Effets déterministes	Effet stochastiques
Cause	Destructions cellulaires	Mutations génétiques
Conséquence	Pathologies variables en fonction des organes concernés, jusqu'au décès	Cancérogenèse Mutagenèse
Seuil	Oui	Non
Gravité	Fonction de la dose	Indépendante de la dose
Probabilité de survenue	Systématique si dose seuil dépassée	Aléatoire, croît avec la dose
Délai de survenue	Rapide	Retardé

2 Principes de radioprotection

Ils découlent de l'existence des effets biologiques des rayonnements ionisants décrits ci-dessus, et sont au nombre de trois.

2.1 Justification

Toute exposition aux rayonnements ionisants doit être justifiée, en évaluant les avantages qu'elle procure par rapport aux risques qu'elle engendre (balance bénéfice/risque).
Selon l'article R.1333-66 du Code de santé publique : « Aucun examen irradiant ne peut être pratiqué sans un échange d'information entre le demandeur et le réalisateur de l'acte.
Le demandeur fournit au réalisateur les informations nécessaires à la justification de l'exposition demandée dont il dispose. Le médecin réalisateur de l'acte indique sur un compte rendu les informations au vu desquelles il a estimé l'acte justifié. »
En pratique, cela signifie :
- **que l'examen lui-même et le protocole** (nombre de clichés, ou d'acquisition) **doivent être justifiés** ;
- **que le bénéfice pour le patient doit être supérieur à celui de toute autre technique non irradiante ou moins irradiante ;**
- **que les examens à apport diagnostique trop faible** ou pouvant être remplacé par une technique non irradiante **doivent être refusés** ;
- **que les examens redondants doivent être également refusés.**

2.2 Optimisation

Toute exposition justifiée doit être réalisé **de telle sorte que la dose délivrée soit au niveau le plus bas raisonnablement possible**, tout en assurant une qualité d'image suffisante.
En pratique, cela signifie :
- qu'il faut **adapter des paramètres d'acquisition des appareils** ;
- que le **champ d'exploration doit être réduit au strict minimum** ;
- que **le nombre d'incidences radiographiques ou le protocole en TDM doit être adapté** afin de répondre à l'indication de l'examen **sans surcroît d'irradiation inutile** ;
- que les installations doivent subir des **contrôles qualité réguliers** afin de vérifier qu'elles ne délivrent pas de dose excessive.

2.3 Limitation

Il existe des limites de dose à ne pas dépasser. Ces limites sont réglementairement fixées, pour **les travailleurs et la population**, afin d'empêcher la survenue des effets déterministes et de diminuer la probabilité de survenue des effets stochastiques.
Les patients ne sont pas concernés par ce principe de limitation, étant acquise l'application stricte des deux premiers principes, puisque l'on considère que le bénéfice pour le patient est supérieur au risque encouru.

3 Cas particuliers

3.1 Radioprotection et grossesse

Les règles générales de radioprotection s'appliquent avec une vigilance particulière.
Cependant, deux dérives sont à éviter :
- retarder la réalisation d'un examen nécessaire et urgent ;
- augmenter de façon inutile l'anxiété de la mère.

3.1.1 Risques encourus

Pour l'enfant à naître, les risques **dépendent de la période d'irradiation et de la dose reçue.** La dose reçue par l'enfant à naître est extrapolée à partir de la dose reçue par la mère (elle est fonction du CTDI). Elle augmente cependant au cours de la grossesse. Elle est inférieure à 1 mGy si l'utérus est loin du champ d'irradiation (radio ou TDM thoracique, TDM cérébrale). Quelques exemples de doses reçues par le fœtus sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Doses moyennes reçues par le fœtus en fonction du type d'examen

Type d'examen	Dose moyenne reçue par le fœtus (en mGy)
ASP	2,6
Radios du rachis lombaire	4,2
TDM abdominale et pelvienne	36,0
TDM lombaire	40,0

Source : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, 2011.

Risques stochastiques

Il n'y a pas d'effet démontré pour une dose inférieure à 50 mGy en dehors d'un risque cancer létal théorique augmenté de 0,6 % (sur risque) pour 100 mGy d'irradiation, tout au long de la grossesse (ce risque étant issu de calculs et non de constatations cliniques).

Risques déterministes

Pour les doses supérieures à 50 mGy :
- **phase pré-implantatoire** (0 à 4 semaines d'aménorrhée) : **loi du « tout ou rien »** : risque d'avortement spontané précoce ; absence de risque malformatif si la grossesse se poursuit ;
- **organogenèse** (4 à 11 SA): **risque malformatif et de retard intellectuel** pour une dose seuil supérieure à 100 mGy. Le risque de retard intellectuel augmente avec la dose ;
- **fœtogenèse** (11 à 19 SA) et phase de **croissance fœtale** (plus de 19 SA) : **risque malformatif** (microcéphalie) et **possibilité de retard intellectuel** pour des doses supérieures à 100 mGy.

Creusons le sujet
Risque spontané de malformation et de retard intellectuel

Il ne faut pas oublier de rapporter les risques secondaires à une irradiation aux risques spontanés (c'est-à-dire dans une population générale) de malformation et de retard intellectuel (3 %) et de carcinogenèse (incidence spontanée de cancers de 0,25 % chez l'enfant).

3.1.2 Conduite à tenir

Justification des examens

Le principe général de justification des examens s'applique dans tous les cas :
- échange préalable d'information entre le prescripteur et le radiologue ;
- refus des examens non indiqués.

Cas particulier de la femme en âge de procréer

Mener un interrogatoire sur la possibilité d'une grossesse (contraception, date des dernières règles), ou sur le terme si grossesse en cours :
- **en cas de grossesse potentielle** : réalisation d'un dosage urinaire des ß-HCG ;
- **en cas de grossesse avérée**, on distingue deux situations décrites ci-après.

Utérus situé en dehors du champ d'irradiation (TDM cérébrale, radiographie des membres...)

L'irradiation délivrée au fœtus est négligeable, constitué uniquement du rayonnement diffusé. L'utilisation d'un tablier plombé pour « protéger » l'utérus n'est pas univoque. L'examen peut être réalisé après information de la patiente.

Utérus situé dans le champ d'irradiation

Dans ce cas :
- **reporter tout examen non urgent après la grossesse** ;
- **choisir un examen alternatif non irradiant** si possible ;
- en cas d'indication urgente et **si l'examen ne peut être substitué : réaliser l'examen irradiant après information** sur le rapport bénéfice risque et **accord de la patiente**, selon un protocole optimisé (le moins irradiant possible).

La loi du tout ou rien s'applique durant les deux premières semaines de la grossesse, période à laquelle les β-HCG peuvent être négatifs (jusqu'à J9). Dans le cas d'une grossesse potentielle ne pouvant être exclue (absence de retard de règles), il est préférable de reporter un examen non urgent en première partie de cycle puisqu'il existe un risque de fausse couche spontanée précoce.

3.1.3 Situations cliniques fréquentes

Malformations du bassin

Réalisée au huitième mois de grossesse, une **pelvimétrie** recherche des malformations du bassin ou un bassin de petite taille risquant de compromettre un accouchement par voie basse. Par définition, c'est un examen dédié aux femmes enceintes. **La pelvimétrie par TDM est jusqu'à dix fois moins irradiante que la pelvimétrie en radiographie conventionnelle**, et doit bien sur lui être préférée.

Suspicion d'appendicite aiguë

C'est une situation non exceptionnelle au cours de la grossesse. Le premier examen à réaliser est l'**échographie abdominale**. Si elle n'est pas contributive (appendice non vu), la réalisation d'une IRM abdomino-pelvienne (sans injection de produit de contraste) est indiquée, si possible avant la réalisation d'une TDM abdomino-pelvienne en dernier recours.

Suspicion d'embolie pulmonaire

C'est également une situation courante. Le premier examen à réaliser est une **échographie-doppler des membres inférieurs**. En cas de thrombose veineuse avérée, la patiente sera traitée sans autre examen. En l'absence de thrombose veineuse profonde, il n'y a pas de consensus ferme.

Scintigraphie et angioscanner semblent avoir des performances comparables. La stratégie dépendra donc de la disponibilité locale. À noter que l'irradiation maternelle est plus importante en cas d'angioscanner, et qu'il faudra également tenir compte du risque potentiel de toxicité thyroïdienne du produit de contraste pour le fœtus (*voir la partie dédiée aux produits de contraste iodés*).

3.2 Radioprotection pédiatrique

La radioprotection pédiatrique doit être envisagée avec une rigueur spécifique. En effet, les effets biologiques des rayons X doivent être considérés à la lumière des éléments suivants :

- l'**espérance de vie d'un enfant est longue**, et donc le risque de voir apparaître des effets tardifs (stochastiques ou déterministes par la répétition des doses) est plus important que chez un sujet à l'espérance de vie moindre ;
- l'**enfant est un sujet dont les tissus**, contrairement à l'adulte, **sont en croissance**, et présente donc une sensibilité particulière aux rayons X ;
- l'enfant est un sujet qui va potentiellement transmettre son patrimoine génétique : **problème de la mutagénicité potentielle**.

Comme au cours de la grossesse, les principes généraux de radioprotection s'appliquent. En voici les particularités.

3.2.1 Justification des examens

L'échange d'information préalable entre le prescripteur et le radiologue cherchera en particulier :

- **à substituer l'imagerie irradiante par une imagerie non irradiante**. L'échographie abdominale pour les douleurs abdominales aiguës est souvent contributive, en raison de la faible épaisseur pariétale des enfants, et doit être absolument privilégiée par rapport à la TDM abdominale ;
- **à ne pas répéter plus que nécessaire des examens de surveillance** (suivi de maladie chronique par exemple). L'intervalle de réalisation des examens doit être rigoureusement justifié.

Dans tous les cas, une information sur le rapport bénéfice/risque doit être dispensée aux parents.

3.2.2 Optimisation des examens

En radiopédiatrie, elle repose sur :

- le **choix des paramètres d'acquisition adaptés à la morphologie de l'enfant.** Le but est d'obtenir une image de qualité suffisante à l'interprétation avec la dose d'irradiation minimale ;
- la **limitation du nombre d'acquisition** ;
- l'**utilisation d'une sédation et/ou d'une analgésie** afin que l'examen se déroule dans les meilleures conditions possibles, sans nécessité de répéter une acquisition. L'utilisation d'une contention peut également être nécessaire si l'enfant n'est pas en âge ou en état de coopérer ;
- l'**utilisation de caches plombés** (protection des organes génitaux s'ils sont situés dans le champ d'irradiation) **et de diaphragme** (afin de diriger le faisceau de rayons X).

Chapitre 10

Indications, contre-indications et déroulement de la radiographie conventionnelle

1 Principaux examens de radiographie conventionnelle et leurs indications

Bien que les examens de radiographie conventionnelle aient tendance à être remplacés par d'autres modalités d'imagerie, plus informatives, ils leur restent certaines indications privilégiées.

1.1 Examens sans produits de contraste

Ce sont de loin les plus fréquemment prescrits.

1.1.1 Radiographies ostéoarticulaires

Toutes les articulations de même que les os longs ou le rachis peuvent être explorés.

Les indications sont larges :

- pathologie traumatique : recherche de fracture ou de luxation, d'entorse grave ;
- pathologie non traumatique : dégénérative, inflammatoire, tumorale…

Le plus souvent, au moins deux incidences complémentaires sont réalisées (face et profil, face et ¾…).

1.1.2 Abdomen sans préparation (ASP)

Il peut être réalisé debout ou couché, avec des rayons directeurs horizontaux ou verticaux.

C'est un examen assez irradiant au vu des informations potentiellement apportées, c'est pourquoi son indication doit être posée après une appréciation précise de la balance bénéfice-risque.

L'HAS retient désormais comme seules indications en première intention :

- le **suivi des lithiases urinaires** ;
- le **bilan de constipation** chez la personne âgée ou en milieu psychiatrique ;
- la **recherche de corps étrangers ingérés**.

Notons que les douleurs abdominales aigues ne sont pas un motif de prescription d'ASP.

1.1.3 Radiographie de thorax

Elle est de prescription courante. Elle est toujours **réalisée de face**, et parfois **complétée par un cliché de profil dans un bilan initial**.

Les indications sont multiples :

- **suspicion de pneumopathie infectieuse** ou de **pneumopathie interstitielle** diffuse ;
- **suspicion de pathologie pleurale** : épanchement liquidien ou gazeux ;

- **suspicion d'œdème aigu du poumon** ;
- **dépistage de nodule pulmonaire** ;
- **dépistage de la tuberculose**…

Dans certaines de ces indications (recherche de nodule pulmonaire par exemple), la radiographie pulmonaire est souvent remplacée par la TDM thoracique dont la sensibilité est nettement supérieure.

1.1.4 Mammographie

Elle est l'examen central du **dépistage du cancer du sein**. Dans ce cadre, **on réalise deux incidences** : face et oblique latérale pour chaque sein. Elle est également utilisée pour la surveillance d'anomalies mammaires connues (tumeurs bénignes, microcalcifications).

1.2 Examens avec produits de contraste

Avant le développement des techniques TDM, IRM et endoscopiques (digestive et urologique), les examens de radiographie conventionnelle avec produits de contraste étaient d'emploi très fréquent. Actuellement, les indications se sont réduites, cependant certaines demeurent, que nous allons détailler dans les paragraphes suivants.

Ces examens se déroulent dans une salle dédiée, à l'aide d'un appareil de radioscopie (abrévié en scopie). L'appareil de radioscopie permet d'obtenir une image produite par les rayons X sur un écran (et non sur un film). Ainsi, il est possible de vérifier la progression du produit de contraste dans le tube digestif par exemple, grâce à plusieurs acquisitions radioscopiques.

1.2.1 Explorations vasculaires

Elle utilise des produits de contraste iodés injectés par voie veineuse ou artérielle pour obtenir une image directe de la lumière des vaisseaux. La paroi des vaisseaux, elle, n'est pas visible.

Elle est utilisée :

- **à but diagnostique uniquement** (rare) : en artériographie diagnostique (bilan d'artérite oblitérante des membres inférieurs), en phlébographie (cartographie veineuse du membre supérieur avant réalisation d'une fistule artério-veineuse de dialyse).
- **à but diagnostique et thérapeutique** : lors des procédures de radiologie interventionnelle (pose de stent sur les artères périphériques, thrombectomie…)

1.2.2 Explorations de l'appareil digestif

Opacifications digestives hautes et basses

Par voie haute, un produit de contraste est donné à boire au patient, puis on réalise plusieurs clichés. On distingue :

- le **transit œso-gastro-duodénal** (TOGD). Le TOGD a vu ses indications réduites depuis l'avènement de la fibroscopie œso-gastro-duodénale, elle garde un intérêt pour l'exploration des **sténoses infranchissables** en fibroscopie ou en cas de suspicion de perforation ;
- le **transit du grêle**. On peut éventuellement opacifier l'intestin grêle par une sonde (dite d'entéroclyse) placée sous contrôle scopique dans le duodénum. Elle est utilisée pour la recherche de **sténose tumorale** ou **inflammatoire**. Ses indications ont diminué au profit de l'imagerie en coupe (entéro-TDM, entéro-IRM) qui analyse la paroi et l'atmosphère péri-intestinale, contrairement au transit du grêle qui ne visualise que la lumière digestive ;

Par voie basse (**lavement baryté ou aux hydrosolubles**) : le produit de contraste est introduit par l'anus à l'aide d'une canule et un lavement est ainsi réalisé. Les indications sont également réduites aux **sténoses infranchissables** en coloscopie, aux **contrôles postopératoires** d'anastomoses digestives ou à la **recherche de fistule**.

Opacifications par des orifices de stomies ou de fistules

Elles sont employées avant chirurgie de rétablissement de continuité par exemple.

Opacifications biliaires

On pratique une **cholangiographie** par voie transhépatique (ponction directe dans les voies biliaires), ou rétrograde (au cours d'une endoscopie), pour l'exploration de l'arbre biliaire. On peut également réaliser des cholangiographies postopératoires par le drain chirurgical.

1.2.3 Explorations réno-vésicales

Urétrocystographie rétrograde

Elle consiste en l'opacification rétrograde (*a contrario* du sens physiologique de progression de l'urine) de l'appareil urinaire via une sonde placée dans l'urètre. Elle permet :

- l'**exploration de l'urètre** (recherche de sténose urétrale post-traumatique par exemple) ;
- l'**exploration de la vessie** (remplacée par la cystoscopie dans cette indication) ;
- la **recherche d'un reflux vésico-urétéral**. Physiologiquement, l'urine contenue dans la vessie ne doit par refluer dans les uretères. L'urétrocystographie rétrograde, qui est un examen dynamique, permet en réalisant plusieurs clichés de détecter un éventuel reflux.

Urographie intraveineuse (UIV)

Un produit de contraste iodé est injecté par voie veineuse, puis son élimination par les voies urinaires est explorée grâce à plusieurs clichés pris à des délais successifs. Elle était utilisée pour la recherche de calculs urinaires, de malformations ou de tumeurs des voies urinaires mais elle est actuellement **largement remplacée par la TDM**.

1.2.4 Exploration gynécologique

C'est l'**hystérosalpingographie**. La cavité utérine est opacifiée grâce à une canule placée sur le col utérin. Physiologiquement, les trompes sont perméables et doivent également être opacifiées de façon rétrograde.
Cet examen est essentiellement indiqué dans les bilans d'infertilité à la recherche d'un **défaut de perméabilité tubaire**.

1.2.5 Exploration articulaire

Elle consiste en l'injection intra-articulaire, sous contrôle scopique, de produit de contraste : on réalise ainsi une **arthrographie**. Les articulations les plus souvent explorées sont l'**épaule**, le **poignet**, le **genou**, la **cheville**. L'arthrographie est en général couplée à la réalisation d'une arthro-TDM ou d'une arthro-IRM.

1.2.6 Explorations rachidiennes

On utilise des produits de contraste iodés aux propriétés spécifiques (de basse osmolarité), injectés par ponction rachidienne, sous contrôle scopique. On distingue :
- la **myélographie** : cervicale ou plus rarement dorsale. Les indications ont quasiment disparu ;
- la **saccoradiculographie** : le produit de contraste est injecté à l'étage lombaire (L2-L3 en général). Quelques indications persistent, notamment pour la recherche de **conflit discoradiculaire dynamique** (visible en position debout uniquement) et donc non identifiable en TDM ou IRM.

1.2.7 Explorations des glandes orales (ou glandes salivaires)

Il s'agit de la **sialographie**, qui consiste en une opacification rétrograde des canaux excréteurs d'une glande parotide ou submandibulaire après cathétérisme du canal de Wharton ou de Sténon. Elle est pratiquée en deuxième intention, pour l'exploration de la **pathologie lithiasique** et parfois pour les maladies systémiques (syndrome de Gougerot-Sjögren, sarcoïdose).

2 Déroulement d'un examen de radiographie conventionnelle

Il a lieu habituellement dans un service de radiologie, dans une salle dédiée, hermétique aux rayons X à des fins de radioprotection.
Dans des cas particuliers (patients de réanimation), il peut avoir lieu au lit du patient grâce à des appareils mobiles.

IMPORTANT
Radiographies « au lit du patient »

Les radiographies obtenues sont de qualité bien inférieure à celles réalisées dans les services de radiologie, pour une dose délivrée plus importante. De plus, se pose le problème de la radioprotection puisque les radiographies sont réalisées dans des salles non hermétiques aux rayons X et accueillant parfois plusieurs patients. Compte tenu de ces données, il est facile de comprendre que les radiographies au lit doivent être réservées aux patients intransportables.

2.1 Accueil et installation du patient

2.1.1 Accueil

Le patient est **informé par le prescripteur** sur les modalités de l'examen et ses objectifs.
Il est accueilli par le manipulateur d'électroradiologie médicale, qui **vérifie l'ordonnance** avec les incidences demandées. Ce dernier (abrévié en manipulateur radio) est un professionnel paramédical, diplômé d'État, participant directement sous le contrôle d'un médecin, à la réalisation des investigations dépendant de l'imagerie médicale et de la médecine nucléaire.

2.1.2 Installation du patient

La zone à explorer est dégagée de tout vêtement, bijou, ou autre corps étranger, et le **patient positionné** de façon spécifique en fonction de l'incidence radiologique souhaitée. Si besoin, des cales sont utilisées pour maintenir une position non physiologique.
Dans le cas de la radiographie analogique, une cassette contenant le film photosensible est placée en arrière de la zone explorée.

2.2 Réalisation de l'image

Le manipulateur radio se place derrière un écran plombé, de façon à être protégé des rayonnements ionisants. Il réalise le cliché à distance grâce un tableau de commande. **Le patient doit rester immobile** pendant l'acquisition de l'image (quelques secondes).

2.3 Obtention du cliché de radiographie

Dans le cas d'appareil de radiographie analogique, la cassette positionnée initialement derrière le patient est placée dans un appareil de développement et le cliché est rendu sur un **film radiographique**. Dans le cas d'un appareil de radiographie numérique, l'image est obtenue **sur écran**, et peut être imprimée secondairement.

2.4 Analyse et archivage des images

L'interprétation est faite par un radiologue, en tenant compte, comme pour tout examen d'imagerie, **des informations cliniques et paracliniques** fournies par le prescripteur. Un compte rendu est ensuite élaboré.
Les images de l'examen sont en général stockées sur un système d'archivage d'image type PACS.

3 Contre-indications et limites de la radiographie conventionnelle

3.1 Contre-indications

3.1.1 Liées aux rayonnements ionisants

Il n'y a pas de contre-indication formelle à la réalisation d'une radiographie conventionnelle dans ce cadre. Les principes de radioprotection doivent bien sûr être respectés. En cas de grossesse par exemple, toute indication non urgente de radiographie sera repoussée après l'accouchement.

3.1.2 Liées aux produits de contraste lorsqu'ils sont employés

On distingue deux types de produits de contraste :

- **produits de contraste iodés** *(voir page 78)* ;
- **produits de contraste à base de baryte**. Ces produits de contraste sont utilisés pour les opacifications digestives. Ils sont contre-indiqués en cas de brèche ou de perforation digestive, d'examens suivant ou précédant avec un court intervalle une intervention sur le tube digestif, ou de syndrome occlusif.

3.2 Limites

La qualité des images obtenues, et donc de l'information apportée, peut être altérée par plusieurs phénomènes :

- **défaut d'immobilité lors de la réalisation du cliché** : phénomène de flou cinétique ;
- **défaut de mobilité** : secondairement à l'âge ou à différentes pathologies, le positionnement correct du patient peut être rendu difficile. Les incidences alors obtenues présenteront des superpositions difficiles à interpréter ;
- **impossibilité d'abstention d'une inspiration soutenue** (pour les radiographies thoraciques) ;
- **obésité morbide** : malgré un réglage des différents paramètres du rayonnement utilisé, l'épaisseur trop importante de tissus à traverser peut atténuer le faisceau de rayons X de telle façon que le faisceau résiduel ne puisse pas fournir d'information satisfaisante.

Chapitre 11

Indications, contre-indications et déroulement de la TDM

Item n° 182. Hypersensibilités et allergies chez l'enfant et l'adulte : aspects physiopathologiques, épidémiologiques, diagnostiques et principes de traitement

La TDM est un examen actuellement largement prescrit.
Ses indications sont multiples. Cependant la prescription d'un examen tomodensitométrique, en plus de la démarche habituelle de prescription d'un examen d'imagerie, doit prendre en compte deux éléments particuliers :

- **l'irradiation** : la TDM étant une source de rayonnements ionisants, il faut, dans tous les cas où l'information nécessaire pourra être obtenue autrement, privilégier une technique non irradiante (échographie ou IRM). Dans les autres cas, les principes de radioprotection (justification et optimisation) doivent s'appliquer ;
- **l'injection de produit de contraste iodé**. Elle comporte ses indications et ses risques propres.

1 Produits de contraste en TDM et en radiologie conventionnelle

Les produits de contraste sont couramment utilisés en TDM, bien plus fréquemment qu'en radiologie conventionnelle (raison pour laquelle nous avons choisi de les aborder dans ce chapitre). Le développement suivant sur ces produits est néanmoins applicable à la radiologie conventionnelle.

1.1 Propriétés

Les produits de contraste, de façon générale, **sont destinés à renforcer un contraste naturel insuffisant pour obtenir des informations.** Leur utilisation, ou leur non utilisation, dépend des organes explorés et de la question posée. Ils sont classés comme médicaments, et délivrés sur ordonnance.
En radiographie conventionnelle et en TDM, on utilise des produits de contraste **à base d'iode**.
L'iode est utilisé pour ses propriétés d'absorption des rayons X : il possède une densité élevée.
Il existe une relation linéaire entre la concentration en iode et la radio-opacité.
Les différents produits de contraste iodés sont des produits incolores, hydrosolubles et définis entre autres par :

- **leur concentration en iode**. Les produits de contraste les plus employés actuellement par voie intravasculaire ont une concentration en iode qui varie de 180 à 400 mg d'iode/mL ;
- **leur osmolarité** (ce sont des produits hyperosmolaires par rapport au plasma) ;
- **leur viscosité** (qui dépend de la concentration en iode et qui est plus importante que celle du plasma).

1.2 Voies d'administration

1.2.1 Différentes voies d'administration

Les voies d'administration de ces produits de contraste sont multiples :
- **intracavitaire** : cette voie concerne essentiellement la radiographie conventionnelle ;
- **intravasculaire** : voie d'administration la plus fréquente. Elle est majoritairement intraveineuse (pour les examens de TDM, en urographie intraveineuse ou en phlébographie), ou intra-artérielle (artériographie).

Le tableau ci-dessous précise les voies d'administration selon les types d'examens.

Examens	Voies d'administration
Arthrographie	Intra-articulaire
Urétrocystographie rétrograde	Intra-urétrale
Hystérographie	Intra-utérine
TOGD, transit du grêle	Ingestion orale
Lavement opaque	Opacification basse par l'anus
Cholangiographie	Intrabiliaire
Myélographie, saccoradiculographie	Intrarachidienne (canal rachidien)

1.2.2 Biodistribution

La biodistribution des produits de contraste iodés après injection doit être connue car elle définit différentes phases qui vont être utilisées pour le diagnostic :
- **temps vasculaire** : le produit de contraste est situé dans les vaisseaux ;
- **temps interstitiel** : le produit de contraste diffuse dans les tissus par les capillaires fenêtrés ;
- **temps excrétoire (urographique)** : le produit de contraste est excrété dans les cavités rénales.

L'élimination des produits de contraste iodés est donc essentiellement urinaire. Il existe des voies d'élimination accessoires : bile, salive, tube digestif, lait maternel.

Il existe également une captation thyroïdienne des ions iodures.

1.3 Effets secondaires des produits de contraste intravasculaires

Ils découlent des propriétés décrites ci-dessus (source : recommandations du groupe de travail de la Société Française de Radiologie sur l'utilisation des produits de contraste).

On distingue des **effets généraux** (les plus fréquents) et des **effets locaux**.

À ces effets indésirables peuvent s'ajouter quelques manifestations passagères inconfortables lors de l'injection du produit de contraste : goût métallique dans la bouche, sensation de chaleur.

1.3.1 Effets généraux

Réactions d'hypersensibilité

C'est l'effet secondaire le plus souvent identifié par les prescripteurs et les patients, mais il colporte de nombreuses idées reçues et méconnaissances. **L'utilisation du terme d'hypersensibilité à la place du terme allergie est souhaitable**, car plus précis.

Il n'existe pas d'allergie à l'iode. Les réactions d'hypersensibilité aux produits de contraste iodés sont secondaires aux excipients contenus dans ses produits mais en aucun cas à l'iode lui-même.
Par ailleurs, il n'y a pas de lien ni de mécanisme croisé entre l'hypersensibilité aux produits de contraste iodés et les allergies alimentaires (poisson, crustacés, fraise..), ni avec les allergies aux désinfectants cutanés à base d'iode.
Il n'existe pas non plus d'allergie croisée entre produits de contraste iodés et autres médicaments.

Les réactions d'hypersensibilité peuvent être immédiates (inférieures à 1 heure après injection) ou retardées (jusqu'à une semaine après).

Mécanismes d'hypersensibilité

Le tableau ci-dessous décrit les deux catégories de réactions d'hypersensibilité aux produits de contraste.

	Hypersensibilité allergique	Hypersensibilité non allergique
Mécanisme	Mécanisme immunologique. Hypersensibilité : ▸ immédiate : médiation par immunoglobulines spécifiques (IgE) ▸ retardée : médiation cellulaire par les lymphocytes T	Mécanisme non immunologique : toxicité directe du produit de contraste sur l'endothélium induisant entre autre une histaminolibération non spécifique
Manifestations	▸ Manifestations cutanées ▸ Œdème de Quincke ▸ Choc anaphylactique	▸ Manifestations cutanées ▸ Pas de manifestation grave
Facteurs de risque	Seul identifié : antécédent de réaction allergique documentée après injection d'un produit de contraste iodé	▸ Asthme ▸ Terrain atopique

Conduite pratique à tenir

En cas de réaction d'hypersensibilité, la conduite à tenir est la suivante :

- 1. **identifier le type de réaction et classer sa gravité** ;
- 2. **prendre en charge immédiatement le patient** par un traitement adapté à la gravité de ces symptômes. Il peut s'agir d'une simple surveillance dans le service de radiologie, plus ou moins associée à une prescription d'anti-histaminiques en cas d'éruption cutanée, jusqu'à l'injection d'adrénaline et aux mesures réanimatoires en cas de choc anaphylactique ;
- 3. **réaliser un bilan allergologique** afin de distinguer une réaction d'hypersensibilité allergique d'une hypersensibilité non allergique, et de déterminer éventuellement des produits de contraste iodés qui pourront à l'avenir être utilisés sans risque. En effet, il existe des allergies croisées entre les différents produits. Il comprend un dosage immédiat d'histamine et de tryptase, et secondairement des tests cutanés ;
- 4. le radiologue doit **mentionner sur le compte rendu** : l'existence d'une réaction d'hypersensibilité, sa gravité, les traitements mis en œuvre, et le produit de contraste iodé impliqué.

Prévention primaire

La prévention primaire repose sur l'interrogatoire de tout patient susceptible de recevoir une injection de produit de contraste iodé :

- **le patient a-t-il déjà reçu une injection de produit de contraste iodé** ?
- **si oui, y a-t-il eu des effets secondaires au décours de l'injection** ? De quels types d'effets secondaires s'agissaient-ils précisément ?

En cas d'effets secondaires antérieurs, il faut au mieux récupérer le compte rendu de l'examen afin de connaître précisément les circonstances de la réaction et le produit de contraste iodé impliqué.

Prévention secondaire

La prévention secondaire concerne les cas suivants :

- **cas d'antécédent d'hypersensibilité allergique à un produit de contraste iodé** :
  - **substitution** par un examen ne nécessitant pas d'injection de produit de contraste iodé si possible, ou réalisation d'une TDM sans injection si les informations ainsi obtenues sont suffisantes ;
  - en cas de nécessité absolue d'injection de produit de contraste iodé, **la réintroduction du produit déjà impliqué est évidemment interdite**. S'il y a eu un bilan allergologique, on pourra utiliser un autre produit de contraste iodé identifié comme « autorisé » ;
  - la **prémédication est inefficace** et ne doit pas être réalisée.
- **cas d'antécédent d'hypersensibilité non allergique** : l'utilisation d'une prémédication est discutée. Elle permet parfois de diminuer les réactions d'histaminolibération, non graves mais parfois gênantes pour le patient. Les modalités de cette prémédication sont empiriques. En général, on utilise des antihistaminiques 2 heures avant l'examen et 12 à 24 heures après.

Il faut insister sur le fait que cette prémédication, si elle est utilisée, ne prévient en rien les réactions graves et qu'elle ne dispense pas d'une surveillance attentive du patient après l'examen.

Néphropathie postinjection de produit de contraste iodé

Il s'agit d'un effet secondaire connu des prescripteurs, mais en général sous-estimé. Son incidence est mal évaluée.

Définition

Il s'agit d'une augmentation de la créatinine de base supérieure à 25 % et/ou à 42 µmol/L dans les trois jours suivant une injection de produit de contraste iodé, en l'absence d'autre cause identifiable.

Mécanisme

Il est double :

- **hypoxie rénale** secondaire aux modifications hémodynamiques induites par le produit de contraste : il en résulte une diminution du débit sanguin rénal, du débit de filtration glomérulaire et un risque d'ischémie de la médullaire rénale ;
- **toxicité directe du produit de contraste iodé** sur les tubules rénaux : nécrose tubulaire aiguë.

Facteurs de risque

IMPORTANT

Facteurs de risque de néphropathie postinjection de produit de contraste

- **Insuffisance rénale** (dont l'insuffisance rénale au cours du diabète et l'insuffisance rénale chronique).
- **Hypoperfusion rénale :** déshydratation, hypotension, hypovolémie, insuffisance cardiaque, cirrhose décompensée, syndrome néphrotique.
- **Traitement néphrotoxique :** diurétiques, anti-inflammatoires non stéroïdiens, sels de platine.
- **Myélome avec protéinurie.**
- **Antécédent d'injection de produit de contraste** iodé datant d'il y a **moins de 3 jours**.
- **Patient de plus de 65 ans** (rendant probable la présence d'un ou plusieurs facteurs de risque).

Conduite pratique à tenir

Avant toute injection de produit de contraste iodé, il faut :

- 1. **identifier les facteurs de risques** par un questionnaire préalable à l'examen. Ce questionnaire recherche des antécédents de diabète, de maladie rénale, d'hypertension artérielle ou de toute autre maladie chronique. Il fait lister par le patient ses éventuels traitements habituels. Enfin, il

mentionne le poids et l'âge du patient, nécessaire au calcul de la clairance de la créatinine (voir l'encadré ci-dessous) ;

- **2. prescrire une hydratation suffisante**, *per os* au mieux (2 litres d'eau riche en sodium et bicarbonates dans les 24 heures précédent et suivant l'examen) ou par voie intraveineuse à défaut (100 mL/heures de sérum physiologique ou bicarbonaté 12 heures avant et 12 heures après l'injection de produit de contraste). Cette hydratation doit être adaptée aux éventuelles pathologies du patient (insuffisance cardiaque, cirrhose décompensée…) ;
- **3. vérifier qu'un intervalle de 3 jours minimum (au mieux 5) est respecté** entre deux injections de produits de contraste iodés, sauf cas d'urgence ;
- **4. doser de la créatininémie** : en présence d'un des facteurs de risque décrits dans l'encadré ci-dessus. Un dosage de moins de trois mois sera considéré comme satisfaisant, en l'absence d'événement intercurrent bien sûr (comme la réalisation d'une cure de chimiothérapie à base de sels de platine par exemple) ;
- **5. calculer la clairance de la créatinine.**

Rappel

Formules de calcul de la clairance de la créatinine selon Cockroft

- Clairance de la créatinine (mL/min) = 1,23 × (140-âge) × poids en kg / créatininémie plasmatique (µmol/l) chez l'homme
- Clairance de la créatinine (mL/min) = 1,04 × (140-âge) × poids en kg / créatinine plasmatique (µmol/L) chez la femme.

On prendra la décision de réaliser ou non l'examen avec injection de produit de contraste iodé en fonction de la clairance :

Clairance de la créatinine	Décision
Supérieure à 60 mL/min	L'injection de produit de contraste peut être réalisée. L'hydratation reste cependant la règle.
Comprise entre 30 et 60 mL/min (ou créatinine supérieure 105 µmol/L chez l'homme et 80 µmol/L chez la femme)	Le rapport bénéfice/risque de l'injection doit être bien considéré, de même que la possibilité d'une substitution par un examen sans nécessité de produit de contraste iodé. Si la décision d'injecter du produit de contraste iodé est prise, l'hydratation doit être optimale.
Inférieure à 30 mL/min (ou créatinine supérieure à 200 µmol/L)	L'injection de produit de contraste iodé doit être récusée, sauf avis spécialisé et pronostic vital immédiatement en jeu.

En cas de patient insuffisant rénal dialysé, l'utilisation de produits de contraste iodés n'est pas contre-indiquée, et l'injection est programmée indépendamment des séances de dialyse. Il faut cependant être vigilant sur les risques de surcharge volémique pouvant être induite par le produit de contraste.

Certains traitements doivent être suspendus : la metformine (Glucophage®, Stagid®), antidiabétique oral, doit être arrêté pendant les 48 heures suivant une injection de produit de contraste iodé en raison du risque d'acidose lactique. Il sera repris après vérification de l'absence d'augmentation de la créatinine. Les médicaments néphrotoxiques et en particulier les anti-inflammatoires non stéroïdiens doivent être arrêtés si possible.

Pour aller plus loin

La N-acétylcystéine

L'utilisation de la N-acétylcystéine en prévention de la néphropathie postinjection de produit de contraste iodé est controversée car son efficacité n'est pas clairement établie. Elle ne dispense en aucun cas de l'hydratation.

Après l'injection de produit de contraste iodé, il faut :
- **poursuivre l'hydratation** ;
- **doser la créatininémie deux à trois jours après l'examen**, en cas de premier dosage anormal, de facteur de risque rénal ou de traitement par metformine afin de dépister la survenue de la néphropathie.

Autres effets secondaires

Effets hémodynamiques et cardiaques

- **Mécanismes** : ils sont multiples. Ils reposent sur l'hyperosmolarité, la composition ionique et la chimiotoxicité propre des produits de contraste iodés.
- **Manifestations** : œdème aigu pulmonaire (dû à la surcharge osmotique), plus rarement troubles du rythme cardiaque et angor.
- **Conduite pratique** : éviter les injections de produits de contraste chez les patients présentant une insuffisance cardiaque décompensée ou un état hémodynamique précaire.

Effets thyroïdiens

- **Mécanisme** : surcharge iodée transitoire par captation des ions iodures du produit de contraste par la thyroïde.
- **Manifestations** *(voir tableau ci-dessous)*.
- **Conduite pratique** : l'injection de produit de contraste iodé est formellement contre-indiquée en cas d'hyperthyroïdie non traitée. Dans les autres cas, il s'agit d'une contre-indication relative. Il est à noter que, dans le cas d'une hypothyroïdie substituée, il n'y a pas de précaution particulière à prendre.
- **Cas particulier d'une injection de produit de contraste chez une femme enceinte** de plus de 12 semaines d'aménorrhée : la patiente doit être informée du risque de dysthyroïdie transitoire à la naissance, qui sera dépistée.

Risques thyroïdiens des produits de contraste iodés

Circonstances	Risques
Hyperthyroïdie non traitée ou non équilibrée	Crise aiguë thyrotoxique
Goitre nodulaire, maladie de Basedow traitée, antécédent d'hyperthyroïdie par surcharge iodée	Hyperthyroïdie
Thyroïdite auto-immune	Hypothyroïdie
Scintigraphie thyroïdienne moins de 10 jours après l'injection	Examen scintigraphique non contributif
Nouveau-né prématuré, nourrisson polymalformé multiexploré	Hypothyroïdie
Nouveau-né d'une mère exposée après 12 semaines d'aménorrhée	Dysthyroïdie transitoire

1.3.2 Effet local : extravasation

Il s'agit de la **diffusion accidentelle de produit de contraste iodé dans les tissus mous** au site de l'injection.

Manifestations

L'extravasation est de **gravité variable** en fonction du volume de produit de contraste iodé qui a diffusé et de facteurs locaux propres au patient (tissus sous-cutanés peu abondants, troubles trophiques sous-jacents). Il peut s'agir d'un simple érythème, jusqu'à un syndrome de loges et une nécrose cutanée.

Figure 44 - Radiographie du coude gauche de profil après extravasation
Le produit de contraste est visible dans les tissus mous sous forme de plage hyperdense (« E »).

Facteurs de risque

Le risque d'extravasation est augmenté dans les circonstances suivantes :
- **voie d'abord veineuse ancienne** ;
- voie d'abord posée sur une **veine de petit calibre** (pied, main) ;
- **débit d'injection élevé**, utilisation d'un injecteur automatique ;
- **capital veineux fragile**.

Conduite pratique

Elle est d'abord préventive :
- **utilisation d'une voie veineuse de bon calibre** (pli du coude) et d'un cathéter de diamètre suffisant (20 gauges), vérification de l'existence d'un bon reflux et test d'injection ;
- **information du patient** sur les symptômes qui doivent l'alerter (douleur au point d'injection) et surveillance visuelle du point d'injection.

En cas d'extravasation, la conduite à tenir sera la suivante :
- **arrêt de l'injection, aspiration du produit de contraste** par le cathéter si possible, **surélévation** du membre et **glaçage** ;
- **information** du patient sur la nécessité d'une surveillance ;
- **avis chirurgical** en cas de signes de gravité.

1.3.3 Cas particulier de la grossesse et de l'allaitement

Grossesse

Le problème de l'irradiation de la femme au cours de la grossesse est abordé dans le chapitre sur la radioprotection.

En ce qui concerne l'injection de produit de contraste iodé :
- **il n'y a pas d'effet tératogène démontré** ;
- le seul risque est celui de la **dysthyroïdie fœtale transitoire après 12 semaines d'aménorrhée** devant amener à une surveillance spécifique du nouveau-né.

S'il existe une indication formelle de TDM avec injection de produit de contraste, celle-ci peut être réalisée à tout moment de la grossesse.

Allaitement

L'excrétion des produits de contraste iodés dans le lait maternel de même que **son absorption digestive** (en l'absence de pathologie intestinale de l'enfant) **sont extrêmement faibles**. Malgré tout, il est souvent recommandé en France de suspendre l'allaitement pendant 24 heures.

1.4 Effets secondaires des produits de contraste iodés dans les utilisations intracavitaires

Les effets secondaires systémiques des produits de contraste iodés doivent être considérés, notamment l'**hypersensibilité allergique**, car il existe toujours un risque d'effraction lymphatique ou veineuse. Par ailleurs, l'opacification digestive aux produits de contraste iodés peut être responsable de mouvements d'eau à l'origine de diarrhée ou d'hypovolémie.

IMPORTANT

Respecter les contre-indications absolues (sauf situation d'urgence vitale) et relatives (devant faire peser le rapport bénéfice/risque de l'examen) des injections de produits de contraste iodés.

Contre-indications absolues	Contre-indications relatives
‣ Antécédent de réaction d'hypersensibilité allergique aux produits de contraste iodés ‣ Insuffisance rénale avec clairance de la créatinine inférieure à 30 mL/min ou créatininémie supérieure à 200 µmol/L ‣ Hyperthyroïdie non traitée ou non équilibrée ‣ Œdème aigu du poumon patent	‣ Insuffisance rénale avec clairance de la créatinine comprise entre 30 et 60 mL/min ‣ Goitre multinodulaire, maladie de Basedow en rémission, antécédent d'hyperthyroïdie par surcharge iodée, thyroïdite auto-immune ‣ Insuffisance cardiaque décompensé/état hémodynamique instable

2 Protocoles TDM

Les examens tomodensitométriques peuvent être réalisés selon plusieurs modalités.

2.1 Examens TDM sans injection de produit de contraste iodé

Ils sont réalisés lorsque :

- **le contraste naturel est estimé comme suffisant pour répondre à la question posée :** exploration du parenchyme pulmonaire, explorations osseuses. L'injection de produit de contraste est ici inutile ;
- **on cherche à mettre en évidence une hyperdensité pathologique** : lithiase rénale, saignement intracrânien. L'utilisation de produit de contraste pourrait ici être source de confusion : difficulté de différencier une structure spontanément dense d'une structure opacifiée par le produit de contraste ;
- **on étudie une cinétique de produit de contraste** : caractérisation de tumeur hépatique par exemple. Dans ce cas, l'acquisition sans injection est suivie d'une injection de produits de contraste iodé ;
- **l'injection de produit de contraste est contre-indiquée** (et qu'un examen sans injection de produit de contraste conserve cependant un intérêt diagnostique).

2.2 Examens TDM avec injection de produit de contraste iodé

Ils sont couramment réalisés, notamment pour l'exploration abdominale et pelvienne. **Les images tomodensitométriques peuvent être acquises dans un délai variable** après l'injection de produit de contraste, en fonction des structures que l'on souhaite voir opacifiées. Ce délai varie en fonction du calibre de la voie d'abord et de l'état hémodynamique du patient. Les principaux délais (ou « temps ») d'acquisition sont détaillés ci-après.

2.2.1 Temps artériel

Il est indiqué pour l'**exploration des artères**. Il est réalisé précocement de façon à ce que le produit de contraste soit majoritairement intravasculaire, avant sa diffusion interstitielle. On distingue le **temps artériel pulmonaire** (produit de contraste majoritairement situé dans les artères pulmonaires, 15 à

20 secondes après l'injection), et le **temps artériel systémique** (produit de contraste majoritairement situé dans l'aorte et ses branches, environ 30 secondes après l'injection).

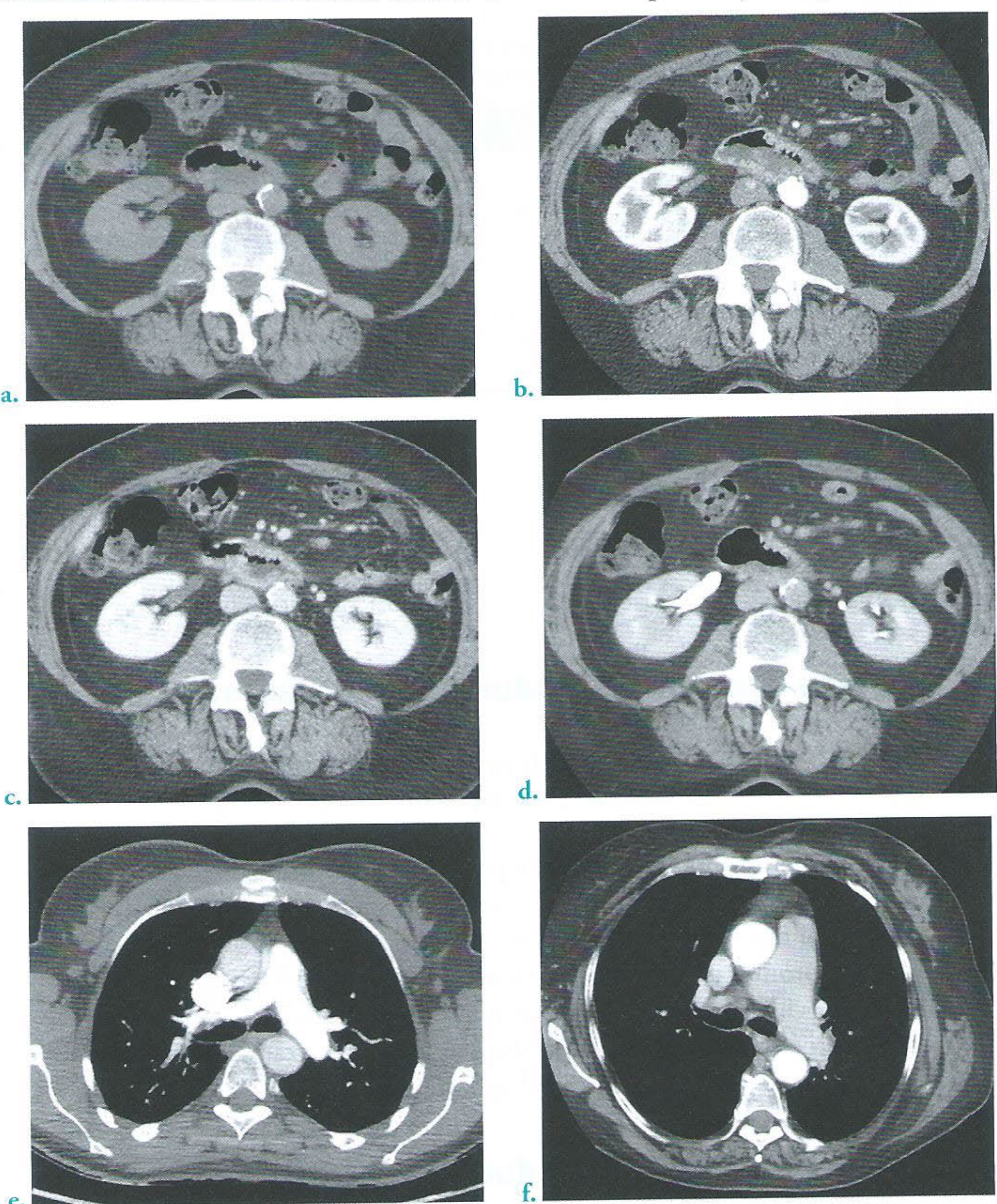


Figure 45 - Exemples de temps d'acquisition après injection de produit de contraste iodé (a, b, c et d : TDM abdominale en coupe axiale à 4 temps différents pour le même patient ; e et f : TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre médiastinale, pour deux patients différents, après injection de produit de contraste à deux temps différents)

a. acquisition sans injection de produit de contraste. Les calcifications des parois aortiques (spontanément denses) sont bien visibles ; **b.** acquisition après injection, temps artériel. La lumière aortique est fortement opacifiée. La veine cave inférieure, à gauche de l'aorte, n'est pas opacifiée. Le cortex des reins est déjà rehaussé ; **c.** acquisition après injection, temps veineux. Aorte et veine cave inférieure sont rehaussées de façon similaire. Le parenchyme rénal est complètement opacifié ; **d.** acquisition après injection, temps excrétoire. Les cavités pyélocalicielles des deux reins sont les seules structures opacifiées. **e.** temps artériel pulmonaire : les artères pulmonaires sont bien opacifiées ; **f.** temps artériel systémique : l'aorte thoracique est bien opacifiée.

Creusons le sujet

- Tous les examens dont le but principal est une opacification vasculaire sont appelés « angio-TDM ».
- Une angio-TDM peut être artérielle ou veineuse.
- Les angio-TDM artérielles ont en commun de nécessité un fort débit d'injection de produit de contraste iodé.

2.2.2 Temps veineux

Il est indiqué pour l'**exploration parenchymateuse**, après la diffusion interstitielle du produit de contraste. On réalise le plus souvent un temps portal (70 secondes après injection), correspondant à l'opacification du tronc porte grâce au retour veineux du système digestif.

2.2.3 Temps excrétoire

Il est indiqué pour l'**exploration de l'appareil urinaire**. Il correspond à la phase ou le produit de contraste a été excrété par le rein dans les cavités urinaires : opacification des cavités pyélocalicielles, des uretères et de la vessie. Il est obtenu à partir de 3 minutes après l'injection.

Pour aller plus loin

D'autres temps d'acquisition

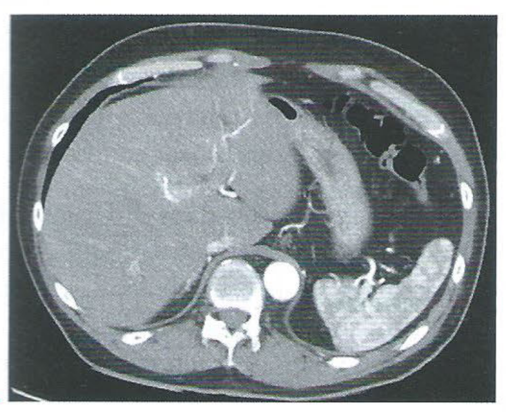
- Temps néphrographique (ou tubulaire) : obtenu 90 à 120 secondes après injection, il permet d'obtenir un rehaussement homogène du parenchyme rénal.
- Temps pancréatique : obtenu 45 à 55 secondes après injection, il explore au mieux le parenchyme pancréatique.

Creusons le sujet

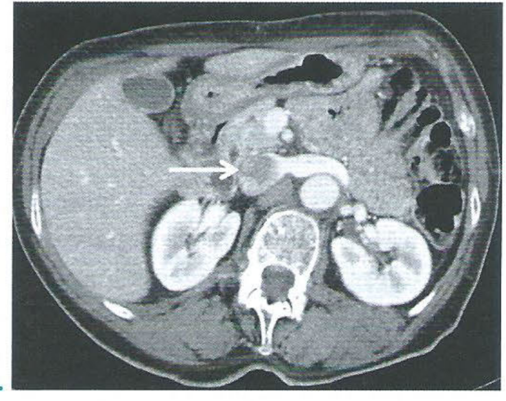
Deux pièges classiques de la TDM abdominale après injection de produit de contraste

Deux images sont souvent visibles sur des TDM abdominales après injection de produit de contraste au temps artériel :

- hétérogénéité physiologique du parenchyme splénique : à ne pas confondre avec des lésions spléniques. Le parenchyme splénique s'homogénéise au temps portal ;
- fausse image de thrombus dans la veine cave inférieure à l'abouchement des veines rénales. En effet, le retour veineux rénal est très rapide. En revanche, le retour veineux provenant de la veine cave sous-rénale (membres inférieurs essentiellement) est bien plus lent. Au temps artériel (ou portal précoce), le sang veineux non opacifié provenant de la veine cave sous-rénale se mélange au sang veineux opacifié des veines rénales, aboutissant à cette fausse image de thrombus. À un temps plus tardif, cette image disparaît.



a.



b.

Figure 46 - Pièges de la TDM abdominale après injection de produit de contraste

a. TDM abdominale au temps artériel, coupe axiale. Hétérogénéité de la rate, physiologique ; **b.** TDM abdominale, temps portal précoce. Image de faux thrombus dans la veine cave inférieure (flèche). L'abouchement de la veine rénale gauche opacifiée est bien visible.

2.3 Autres modalités d'acquisition

En fonction de la recherche diagnostique, on peut coupler à un examen TDM injecté ou non injecté l'**administration *per os* ou par lavement d'eau ou de produits de contraste dilués**, à la réalisation d'acquisition dans des **positions différentes** (procubitus, décubitus, rotations…), ou à des **modes respiratoires différents** (inspiration, expiration pour le parenchyme pulmonaire). Enfin, il est devenu possible de **synchroniser l'acquisition aux battements cardiaques** pour les explorations des coronaires et de l'aorte ascendante (*gating* en anglais).

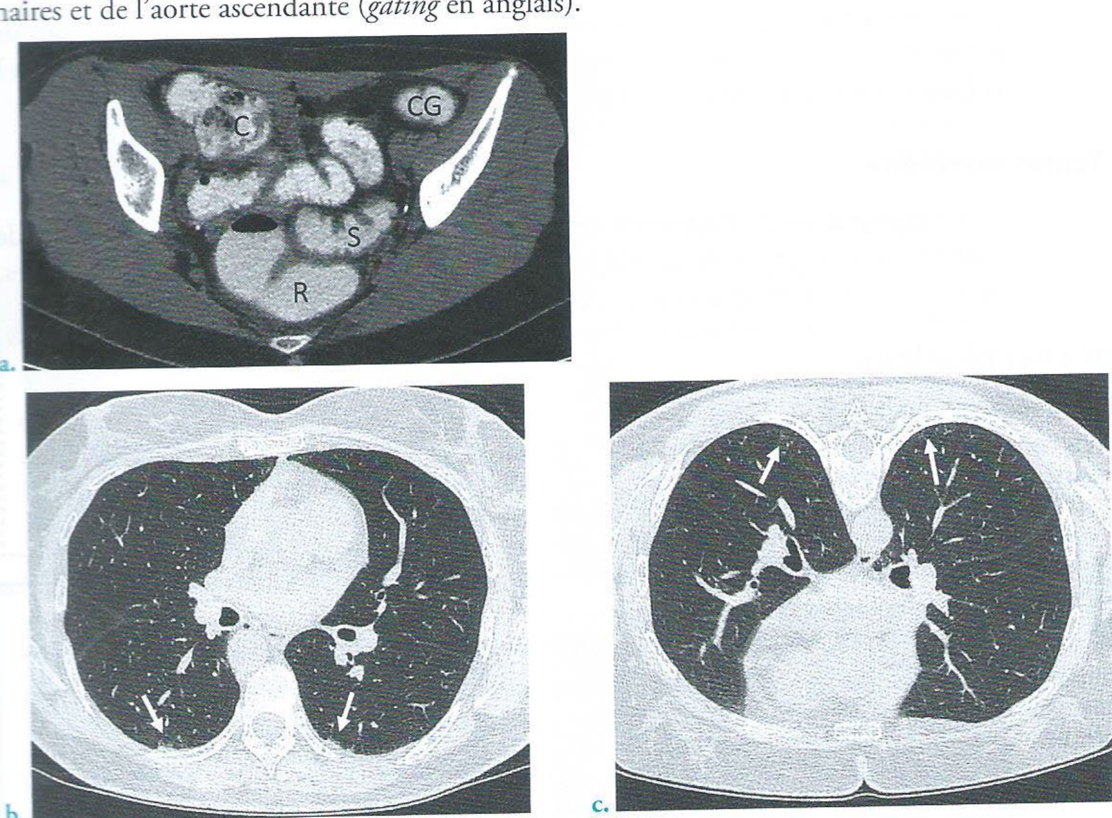


Figure 47 - Exemples d'autres modalités d'acquisition TDM
a. TDM abdomino-pelvienne après lavement aux produits de contraste iodés (contenu colo-rectal dense). R : rectum, S : sigmoïde, CG : colon gauche, C : cæcum ; **b.** TDM thoracique réalisée en décubitus dorsal. Discrètes condensations sous pleurales postérieures (flèches) ; **c.** Même patient que b., TDM thoracique réalisée en décubitus ventral. Disparition des condensations sous pleurales postérieures. Les condensations étaient secondaires à la déclivité.

2.4 Modalités de reconstruction

En fonction des organes étudiés et de la question posée, des **reconstructions dans différents plans de l'espace** pourront être réalisées. L'**épaisseur de coupe** pourra également être modifiée : pour des raisons pratiques (afin de limiter le nombre d'image à archiver) et de bruit de fond, les coupes TDM sont souvent reconstruites avec une épaisseur de 3 mm, suffisante pour le diagnostic. On peut également choisir de reconstruire des coupes plus fines (1 mm) dans des indications spécifiques (exploration du parenchyme pulmonaire par exemple).

3 Principaux examens TDM et leurs indications

3.1 Explorations cérébrales

Elles s'effectuent :

- **sans injection de produit de contraste** : indiquées dans les traumatismes crâniens **à la recherche de saignement** intra- ou extracérébral ; ainsi que dans les bilans de démence (bien que ses performances soient largement inférieures à celle de l'IRM) ;
- **avec injection de produit de contraste** : les examens sont réalisés selon différentes modalités.
  - **angio-TDM** : il peut s'agir d'une **angio-TDM artérielle** (exploration des troncs supra-aortiques et du polygone de Willis pour l'exploration d'une pathologie cérébro-vasculaire) ou d'une **angio-TDM veineuse** (exploration des sinus veineux du crâne pour la recherche de thrombophlébite). Dans le premier cas, l'acquisition sera précoce après injection de produit de contraste (délai de 15 à 20 secondes), dans le deuxième il sera plus tardif (délai de 40 à 45 secondes) ;
  - **opacification parenchymateuse** : recherche de lésions secondaires, d'abcès, après imprégnation parenchymateuse de produit de contraste.

3.2 Explorations maxillofaciales et ORL

Différentes régions peuvent être explorées :

- **TDM cervicale** : bilan d'**extension des cancers pharyngolaryngés**, réalisée avec injection de produit de contraste ;
- **TDM des sinus** : bilan de **sinusite** grave ou chronique, de **polypose nasosinusienne**, bilan préopératoire, réalisée le plus souvent sans injection de produit de contraste (sauf pathologie tumorale) ;
- **TDM des rochers** : exploration d'une **surdité de transmission**, d'une **otite chronique**, bilan **post-traumatique**, réalisée sans injection de produit de contraste ;
- **TDM du massif facial** : bilan des **traumatismes** du massif facial, réalisée sans injection de produit de contraste.

3.3 Explorations thoraciques

Elles s'effectuent :

- **sans injection de produit de contraste** : elles sont indiquées pour les explorations du **parenchyme pulmonaire.** En raison d'un bon contraste spontané entre l'air contenu dans les alvéoles et les vaisseaux pulmonaires, l'injection de produit de contraste est inutile. Par ailleurs, les images acquises seront reconstruites et analysées en coupes fines (de 1 mm) ;
- **avec injection de produit de contraste** :
  - **angio-TDM du thorax** : on distingue :
    - l'angio-TDM pulmonaire : l'intérêt est d'**opacifier les artères pulmonaires** pour rechercher une embolie pulmonaire ;
    - l'angio-TDM aortique : son but est d'**explorer l'aorte thoracique et ses branches**. Elle est utilisée dans les suspicions de dissection aortique ou d'anévrysme de l'aorte ascendante, les bilans d'hémoptysie (opacification des artères bronchiques) ;
    - la TDM cardiaque : technique plus récente, essentiellement développée pour l'**exploration des coronaires** (coroscanner). L'acquisition se fait avec une synchronisation cardiaque ;

- **exploration du médiastin** : l'acquisition se fait à un temps plus tardif que pour les angio-TDM. L'injection permet d'opacifier les différents vaisseaux du médiastin et ainsi de dégager les structures telles que des **adénopathies** ou **masses médiastinales**. L'injection est également réalisée pour les bilans de tumeurs broncho-pulmonaires et pour l'exploration des pathologies pleurales.

3.4 Explorations abdomino-pelviennes

3.4.1 Exploration du foie

La TDM permet :

- **la caractérisation d'une (ou plusieurs) lésion hépatique focale** : on réalise en général une acquisition sans injection suivie de deux acquisitions après injection de produit contraste, aux temps artériel et portal. Il est à noter que l'**IRM est plus performante** par la caractérisation des tumeurs hépatiques ;
- **la surveillance de lésions hépatiques** (par exemple de lésions secondaires) : dans ce cas, une seule acquisition après injection de produit de contraste, au temps portal, est suffisante en général ;
- **l'exploration des vaisseaux hépatiques**, après injection de produit de contraste.

La TDM hépatique fait également le diagnostic de stéatose, et peut être employée pour la recherche des complications de la maladie lithiasique biliaire, mais l'échographie est préférée en première intention dans ces indications.

3.4.2 Exploration du pancréas

Elle se réalise sans et après injection de produit de contraste. Il est parfois demandé au patient de boire quelques verres d'eau 15 à 20 minutes avant la réalisation de l'examen afin de remplir le duodénum. Ses indications sont les suivantes :

- **bilan de pancréatite aiguë ou chronique** ;
- **bilan de tumeurs pancréatiques** (diagnostic positif, extension, évaluation préopératoire).

3.4.3 Exploration du tube digestif

Exploration de l'intestin grêle

L'**entéro-TDM** nécessite la pose d'une sonde d'entéroclyse, placée sous scopie dans le quatrième duodénum. L'intestin grêle est distendu par de l'eau injecté via cette sonde à débit constant, puis l'acquisition est réalisée après injection de produit de contraste. Ses indications sont l'**exploration d'un saignement digestif inexpliqué** par l'endoscopie, d'**une anémie ferriprive**, ou d'**une maladie de Crohn, la recherche de tumeur grêlique** ou d'une polypose.

Exploration du côlon

Elle peut être effectuée par **coloscopie virtuelle**. Celle-ci nécessite une préparation colique rigoureuse comparable à celle de la coloscopie. Une sonde est ensuite introduite par l'anus et on réalise une insufflation d'air dans le côlon. On effectue ensuite une acquisition en décubitus dorsal, et une acquisition en décubitus latéral, sans injection. Cette exploration est indiquée **en cas de coloscopie incomplète ou non praticable** (refus du patient, comorbidités interdisant la réalisation d'une anesthésie), afin de dépister des polypes. On peut également pratiquer un coloscanner à l'eau (après un lavement évacuateur puis un remplissage colique par de l'eau), réalisé en général sans et avec injection de produit de contraste, pour le diagnostic et le bilan de cancer colique (devant la découverte de métastases hépatiques par exemple) lorsque la coloscopie n'est pas possible.

3.4.4 Exploration de l'appareil urinaire

On distingue :

- **l'exploration des tumeurs rénales** : l'acquisition est réalisée **sans puis après injection de produit de contraste**, à différents temps. Dans le cas spécifique du rein, les acquisitions après injection sont réalisées aux temps artériel et néphrographique ;
- **la pathologie lithiasique** : une acquisition **sans injection de produit de contraste** suffit à la détection des lithiases de l'arbre urinaire. La TDM est très performante dans cette indication, puisque seuls les rares calculs médicamenteux ne sont pas visibles ;
- **l'exploration des cavités urinaires** (pyélons, uretères, vessie), dans le cadre des **tumeurs urothéliales** ou des **recherches de malformation** de l'arbre urinaire : on réalise une **uro-TDM.** Cet examen est composé d'une acquisition sans injection de produit de contraste, suivie d'une acquisition au temps néphrographique et une acquisition au temps tardif excrétoire.

3.4.5 Autres explorations abdomino-pelviennes

La TDM abdomino-pelvienne est également utilisées dans indications plus globales :

- urgences abdominales (douleurs abdominales aiguës) ;
- bilan d'extension tumoral, recherche d'adénopathies rétropéritonéales, suivi de cancer… ;
- bilan de syndrome inflammatoire inexpliqué.

3.5 Explorations ostéo-articulaires

Ces explorations sont majoritairement réalisées **sans injection**. En revanche, elles peuvent être précédées d'une **opacification de cavités articulaires** (arthro-TDM).

3.5.1 Examens sans injection

Ils explorent :

- le rachis (bilan de **lomboradiculalgie** ou de **névralgie cervico-brachiale, bilan post-traumatique**) ;
- les os longs et les articulations périphériques (**bilan post-traumatique** avec radiographies conventionnelles insuffisamment précises ou non contributives notamment).

3.5.2 Arthro-TDM

Elle explore l'épaule, le poignet, le genou, la cheville. Elle est utile pour les pathologies **ligamentaires, tendineuses** et **cartilagineuses**. En effet, le contraste spontané entre ces différentes structures est insuffisant sans injection intra-articulaire de produit de contraste. Dans ce cas on réalise souvent des acquisitions avec des rotations différentes de l'articulation.

3.5.3 Myélo-TDM

Cet examen, rarement pratiqué, est réalisé couplé à une myélographie ou une saccoradiculographie, dans les mêmes indications que ces dernières. Il consiste en une acquisition TDM centrée sur le rachis après opacification du canal rachidien par du produit de contraste iodé injecté par ponction lombaire. Il est supplanté par l'IRM rachidienne.

3.5.4 Gestes diagnostiques ou thérapeutiques sous contrôle tomodensitométrique

La TDM permet enfin de réaliser différents gestes faiblement invasifs :
- à visée diagnostique : biopsies (nodules pulmonaires, masses rénales, adénopathies profondes…) ;
- à visée thérapeutique : poses de drain (collections abdominales profondes), infiltrations articulaires, traitements locaux de lésions tumorales (radiofréquence, cryothérapie…).

4 Déroulement d'un examen de TDM

4.1 Préparation du patient

Plusieurs éléments sont à connaître :
- l'**information du patient** sur les modalités de l'examen et ses buts (donnée par le prescripteur) ;
- il n'y a **pas d'intérêt spécifique au jeûne** ;
- comme vu dans le chapitre sur les produits de contraste iodés, l'**intérêt d'une prémédication** pour la prévention des réactions d'hypersensibilité non allergique est **discuté**.

4.2 Accueil du patient

L'accueil est fait par le manipulateur radio.
Son déroulement est standardisé :
- **vérification de l'ordonnance**, de l'**indication** et établissement du **protocole de réalisation** par le radiologue ;
- **vérification de l'absence de contre-indication à l'examen**, par un interrogatoire, la remise d'un questionnaire et la consultation de l'ordonnance. Ces contre-indications sont de deux types :
  - **liés à l'irradiation** : il s'agit d'éliminer une grossesse ;
  - **liées à une injection éventuelle de produit de contraste** : il s'agit de rechercher un antécédent d'hypersensibilité, un facteur de risque rénal, thyroïdien ou cardiaque ;
- **information du patient** sur les risques potentiels d'une injection de produit de contraste ;
- en cas de nécessité d'injection de produit de contraste, **le patient est perfusé** sur une veine de bon calibre avec un cathéter court adapté au débit d'injection. L'injection est préparée par le manipulateur radio.

4.3 Installation du patient

Elle s'effectue de la manière suivante :
- **préparation du champ d'exploration** (les bijoux présents dans ce champ doivent être retirés, les appareils dentaires amovibles également dans le cas d'une exploration cérébrale) ;
- patient allongé sur la table mobile de l'appareil de TDM (la position peut être variable, le plus souvent en décubitus dorsal).

4.4 Acquisition des images

Le manipulateur radio :
- **ferme hermétiquement** la salle de réalisation de la TDM ;
- **détermine le topogramme** correspondant à la zone d'intérêt de l'examen, puis réalise une ou plusieurs acquisitions en fonction du protocole choisi.

La durée de réalisation de l'examen est variable en fonction du nombre d'acquisition nécessaire et de la coopération du patient, mais chaque acquisition dure elle-même **moins d'une minute**.
À la fin de l'examen, le patient est déperfusé et reçoit les **conseils de sécurité** en cas d'injection de produit de contraste iodé.

4.5 Post-traitement, analyse des images et archivage

Le post-traitement des images est réalisé par le radiologue et/ou le manipulateur radio.
L'interprétation est faite par un radiologue, en tenant compte, comme pour tout examen d'imagerie, **des informations cliniques et paracliniques** fournies par le prescripteur. Un compte rendu est ensuite élaboré.
Les images de l'examen sont en général stockées sur un système d'archivage d'image type PACS.

5 Contre-indications et limites de la TDM

5.1 Contre-indications

5.1.1 Liées aux rayonnements ionisants

Il n'y a pas de contre-indication formelle à la réalisation d'une TDM si les principes de radioprotection sont respectés. En cas de grossesse, toute indication non urgente de TDM sera repoussée après l'accouchement.

5.1.2 Liées aux produits de contraste lorsqu'ils sont employés

Voir tableau « Important » page 85.

5.2 Limites

La qualité des images obtenues, et donc de l'information apportée, peut être altérée par plusieurs phénomènes :
- un **défaut d'immobilité ou de tenue d'apnée** lors de la réalisation du cliché : artéfacts cinétiques ;
- la **présence de matériel métallique inamovible** (dentaire, chirurgical) : artéfacts métalliques ;
- une **obésité morbide** : malgré un réglage des différents paramètres du rayonnement utilisé, l'épaisseur trop importante de tissus à traverser peut atténuer le faisceau de rayons X de telle façon que le faisceau résiduel ne fournisse qu'une information dégradée.

Chapitre 12
Indications, contre-indications et déroulement de l'échographie

1 Principaux examens d'échographie et leurs indications

L'échographie est un examen qui a pour avantage d'être **non irradiant, peu coûteux, ne nécessitant pas**, sauf cas particulier, d'**injection de produit de contraste**, et **praticable** si besoin au lit du patient. Ses applications diagnostiques sont multiples.

1.1 Échographie cardiaque

Elle est utilisée en routine, en cardiologie et en réanimation, en pathologie aiguë et chronique. Elle permet le diagnostic et le suivi des **valvulopathies**, des **cardiomyopathies**, de l'**insuffisance cardiaque**, de l'**ischémie myocardique**. Elle explore également le **péricarde** et l'**aorte ascendante**, et évalue le retentissement d'une hypertension artérielle.

1.2 Échographie obstétricale

C'est historiquement la première modalité d'échographie développée, et la plus connue par le grand public.
Elle peut être utilisée pendant toute la grossesse, et notamment dans le cadre des trois échographies recommandées au cours d'une grossesse normale :

- **au premier trimestre** : **échographie de datation** (datation précise de l'âge gestationnel grâce à la longueur cranio-caudale du fœtus, évaluation de la vitalité fœtale, du nombre de fœtus, dépistage des anomalies chromosomiques avec la mesure de la clarté nucale, dépistage de certaines malformations majeures) ;
- **au deuxième trimestre** : **échographie morphologique** (dépistage des malformations fœtales, évaluation de la croissance, de la vitalité fœtale, de la localisation placentaire) ;
- **au troisième trimestre** : **échographie de croissance** (évaluation de la croissance, du bien-être et de la présentation du fœtus, de la localisation placentaire et diagnostic tardif de malformations).

1.3 Échographie abdominale

C'est l'une des échographies les plus pratiquées. Le patient doit nécessairement être à jeun si la question posée intéresse la vésicule biliaire (voir ci-dessous), dans les autres cas le jeûne est également préférable, afin de limiter l'interposition de gaz digestifs, mais moins indispensable.

1.3.1 Foie

L'échographie est une **méthode de choix** pour l'analyse du parenchyme hépatique en première intention. Ses principales indications sont les suivantes :

- **détection de lésions hépatiques focales** : il s'agit en général d'une découverte fortuite. Dans certains cas (kyste biliaire ou angiome typique en l'absence d'antécédent de cancer), l'échographie suffira à établir un diagnostic de certitude. Dans les autres cas, l'échographie sera suivie d'un autre examen de caractérisation (par IRM de préférence) ;
- **diagnostic et suivi des hépatopathies chroniques** : l'échographie fait le diagnostic de dysmorphie hépatique, permet d'identifier des signes d'hypertension portale et de vérifier la perméabilité vasculaire, en particulier du tronc porte. Elle est également utilisée pour le dépistage des carcinomes hépatocellulaires en cas de cirrhose avérée, et peut repérer un site préférentiel de ponction d'ascite (en cas d'ascite cloisonnée) ;
- **diagnostic de la stéatose hépatique** ;
- **exploration d'une cytolyse hépatique** ;
- **dépistage des lésions secondaires** : dans les suivis oncologiques ;
- **surveillance postopératoire**, post-hépatectomie ou post-transplantation hépatique.

1.3.2 Vésicule et voies biliaires

L'échographie est l'examen de première intention pour l'étude de la vésicule biliaire, **sous réserve que le patient soit à jeun**. En effet, une vidange vésiculaire s'opère en postprandial : la vésicule biliaire est alors collabée, et l'analyse de sa paroi est impossible.

Les indications d'exploration biliaire sont les suivantes :

- **recherche de lithiase vésiculaire ou de cholécystite** ;
- **recherche d'une dilatation des voies biliaires** intra- et/ou extra-hépatiques (bilan d'ictère, de cholestase) ;
- **recherche d'un obstacle sur la voie biliaire** principale, notamment de lithiase (avec une sensibilité inférieure à celle du diagnostic de lithiase vésiculaire, variable en fonction des patients et de l'expérience de l'opérateur).

1.3.3 Pancréas

L'échographie ne permet pas toujours d'explorer le pancréas dans sa totalité. En effet, des gaz digestifs (d'origine gastrique) s'interposent fréquemment entre la sonde et le pancréas. Ces gaz sont responsables d'une ombre acoustique *(voir chapitre 3, « Échographie, doppler » page 23)*, empêchant l'analyse du parenchyme pancréatique. Cependant, **la tête et le corps pancréatique** sont le plus souvent **visibles**, et l'on peut rechercher une augmentation de volume, une masse ou une dilatation du canal de Wirsung.

1.3.4 Rate

Elle est en général bien explorée en échographie, qui évalue sa taille et son homogénéité (recherche de splénomégalie, de lésion infectieuse ou tumorale).

1.3.5 Tube digestif

Si les gaz contenus dans tube digestif sont responsables d'une ombre acoustique, la paroi digestive reste elle analysable.

Les indications sont surtout nombreuses chez l'enfant, chez qui une irradiation par la réalisation d'une TDM n'est pas souhaitable, et dont l'épaisseur pariétale est faible :

- **recherche d'invagination intestinale aiguë** ;
- **recherche de sténose du pylore** ;

- **recherche d'appendicite.**

Chez l'adulte, la recherche d'appendicite, notamment chez le sujet jeune, est la principale indication. Les maladies inflammatoires du tube digestif peuvent également être recherchées par échographie, en fonction de l'expérience de l'opérateur.

1.4 Échographie de l'arbre urinaire

1.4.1 Reins

Les indications d'exploration échographique des reins sont nombreuses :

- **recherche d'une dilatation des cavités pyélocalicielles** : dans le cas d'une colique néphrétique, d'une pyélonéphrite, d'une insuffisance rénale aiguë ;
- **recherche de lithiase** : les performances de l'échographie dans cette indication sont imparfaites, elles dépendent de la taille de la lithiase et de sa localisation ;
- **recherche d'abcès rénal** ;
- **caractérisation de kyste rénal** : en cas de doute sur la nature purement kystique d'une formation rénale au scanner ;
- **détection de nodule ou de masse tissulaire rénale** : il s'agit en général d'une découverte fortuite. La lésion sera ensuite explorée en TDM ou IRM ;
- **évaluation de la taille et de la morphologie des reins** : lors de l'exploration d'une insuffisance rénale chronique ;
- **suivi post-transplantation rénale** (échographie du greffon).

1.4.2 Uretères

Ils ne sont pas visibles à l'état normal, **mais le deviennent lorsqu'ils sont dilatés** (lors d'une colique néphrétique par exemple).

1.4.3 Vessie

Pour être bien explorée, **la vessie doit être en réplétion**. Si le patient est porteur d'une sonde urinaire, il faut penser à clamper la sonde une heure avant l'examen.

Dans ce cas, à la fois la paroi et le contenu vésical sont bien analysables :

- **évaluation de l'épaisseur et de la régularité pariétale**, recherche de diverticules : diagnostic d'une vessie de lutte ;
- **diagnostic d'une anomalie pariétale focale** (polype, tumeur vésicale) : il s'agit en général d'une découverte fortuite ou d'un complément d'exploration de TDM. L'échographie est alors suivie d'une cystoscopie ;
- **recherche de lithiase** intravésicale ou enclavée dans les méats urétéraux ;
- **recherche de caillots** (en cas d'hématurie) ;
- **diagnostic d'un globe vésical** dans les cas cliniquement difficiles ;
- **évaluation d'un résidu postmictionnel** : on réalise dans ce cas une mesure du volume vésical avant miction (vessie en réplétion), et après miction.

1.4.4 Prostate

L'exploration se fait selon deux modes :

- **par voie endorectale**, avec une sonde endocavitaire dédiée : c'est la voie à préférer. Cette méthode est indiquée pour **évaluer le volume prostatique, guider les biopsies endocavitaires**, dans les **bilans d'infertilité masculine**, et pour évaluer les complications des **prostatites chroniques** ;

- par **voie sus-pubienne**, si la voie endorectale n'est pas praticable. L'évaluation du volume prostatique est moins précise.

15 Échographie pelvienne de la femme

Ici encore, les applications de l'échographie sont multiples.
L'examen, sauf exception, se déroule en deux temps :
- **exploration par voie sus-pubienne**, avec une vessie pleine ou en semi-réplétion ;
- **exploration par voie endovaginale**, avec une sonde endocavitaire dédiée, après vidange vésicale.

L'échographie permet une étude de la morphologie et de la taille de l'utérus, l'analyse de l'endomètre et du myomètre, l'évaluation des annexes.
Les principales indications sont les suivantes :
- **exploration de métrorragies**, de **ménorragies** et de **dysménorrhées**, d'**aménorrhées** primaires ou secondaires ;
- **bilan de douleurs pelviennes** aiguës ou chroniques ;
- **bilan d'infertilité**, et monitorage de l'ovulation ;
- **diagnostic, caractérisation d'une masse pelvienne.**

16 Échographie testiculaire

Le testicule étant un organe très superficiel, son exploration par échographie est performante :
- **évaluation du volume testiculaire** dans le cadre des bilans d'infertilité ;
- **recherche de varicocèle** ;
- **exploration de douleurs scrotales**, de **nodule** ou de **masse testiculaire** palpée cliniquement ;
- **recherche de lésion traumatique** (fracture testiculaire) ;
- **recherche de complications d'épididymite** ;
- **aide au diagnostic d'une torsion testiculaire** vue tardivement.

17 Échographie musculo-squelettique

Ses indications sont nombreuses. Elle est utilisée pour les **pathologies tendineuses et ligamentaires** de l'épaule, du coude, du poignet, du genou ou de la cheville et en **pathologie musculaire** (recherche de myosite, d'hématome, d'abcès). Elle permet de rechercher un **épanchement** dans une cavité articulaire. Des anomalies de la **corticale osseuse** peuvent également être détectées (exemple de fracture d'un os du carpe non visible en radiographie). Enfin, le suivi des **rhumatismes inflammatoires** peut être réalisé.

18 Échographie thyroïdienne et parathyroïdienne, échographie des glandes orales

L'échographie est le principal mode d'exploration morphologique de la thyroïde :
- **exploration d'une dysthyroïdie** ;
- **évaluation du volume thyroïdien** : confirmation d'un goitre palpé cliniquement ;
- **diagnostic et surveillance de nodules thyroïdiens** ;
- **aide au diagnostic des thyroïdites.**

L'échographie permet aussi la recherche d'**adénome parathyroïdien** (les glandes parathyroïdes normales ne sont pas visibles), ainsi que l'**exploration des glandes orales** (submandibulaires, parotides, sublinguales) dans la pathologie lithiasique et tumorale.

1.9 Échographie vasculaire

Elle est le plus souvent couplée au mode doppler dans cette indication.

1.9.1 Échographie-doppler artérielle

C'est l'exploration de première intention pour les **pathologies artérielles périphériques**, à la recherche d'**infiltration athéromateuse**, de **sténoses**, voire d'**occlusion**. S'il existe une sténose significative, l'échographie est en général complétée par une deuxième modalité d'imagerie (angio-TDM, angio-IRM). L'un de ses principaux avantages est de ne pas nécessiter d'injection d'iode, dans une population souvent à risque rénal. On distingue :

- l'**échographie-doppler des troncs supra-aortiques** ;
- l'**échographie-doppler des membres inférieurs** ;
- l'**échographie-doppler des artères rénales.**

L'échographie est également utilisée pour le dépistage et éventuellement le suivi des anévrysmes de l'aorte abdominale.

1.9.2 Échographie-doppler veineuse

Elle permet l'exploration des veines **des membres et du cou, et de la veine cave inférieure.**

Ses principales indications sont les suivantes :

- **recherche de thrombose veineuse profonde**, aux membres inférieurs dans la grande majorité des cas, mais aussi aux membres supérieurs, surtout en présence d'un cathéter veineux central sous clavier ;
- **cartographie des veines superficielles** : avant une chirurgie des varices ou la réalisation d'abord de dialyse.

1.10 Échographie mammaire

Elle est le plus souvent utilisée en complément de caractérisation devant une anomalie mammographique. En première intention, elle est utile pour explorer un nodule palpé cliniquement chez la femme jeune (moins de 30 ans), enceinte ou allaitante. En effet, la densité mammaire est importante dans cette population, ce qui rend la mammographie moins performante. D'autre part, les lésions découvertes sont le plus souvent bénignes, et leur diagnostic pourra être posé par une échographie sans nécessité d'examen irradiant.

1.11 Échographie pleurale

Le poumon, de contenu aérique n'est pas analysable en échographie. Cependant, en cas d'épanchement liquidien, l'**échographie permet sa détection** et/ou le repérage d'un site préférentiel de ponction.

1.12 Gestes diagnostiques ou thérapeutiques sous contrôle échographique

Certains gestes peuvent être réalisés sous contrôle échographique, sous réserve que l'organe ou la lésion concernée soit bien visible. Il peut s'agir :

- **de gestes à visée diagnostique** : prélèvements cytologiques ou histologiques, par exemple : cytoponction d'un nodule thyroïdien, biopsie hépatique, rénale, mammaire, ganglionnaire ;

- **de gestes à visée thérapeutique** : pose de drain, infiltration articulaire, par exemple : drainage d'un abcès hépatique, d'une collection sous-cutanée ou intra-abdominale, infiltration du poignet.

2 Déroulement d'un examen d'échographie

2.1 Préparation du patient

Le patient est **informé par le prescripteur** des modalités de l'examen et de ses objectifs.
En fonction du type d'examen, certaines conditions sont requises (voir plus haut) :

- **jeûne depuis 4 à 6 heures** : pour les échographies abdominales et en particulier pour l'étude de la vésicule biliaire ;
- **réplétion vésicale** : pour les échographies vésicales, prostatiques et pelviennes chez la femme. Dans ces deux derniers cas, la réplétion vésicale est d'autant plus importante si l'examen n'est pratiqué que par voie suspubienne.

2.2 Accueil et installation du patient

Après **vérification de l'ordonnance**, le patient est installé par l'échographiste, en fonction des organes explorés, le plus souvent en **décubitus dorsal**, mais parfois en décubitus ventral ou latéral, ou assis (échographie de l'épaule par exemple).

2.3 Obtention des images

L'échographiste dépose le gel d'échographie sur la zone à explorer.
Il applique ensuite sa sonde sur le gel, et effectue un **balayage échographique** de la région, c'est-à-dire qu'il modifie l'angle et la position de la sonde afin d'obtenir une **image d'ensemble**.
Il est souvent nécessaire que le patient **change de position** au cours de l'examen, en fonction des organes explorés, pour obtenir un balayage complet et/ou une meilleure qualité d'image en améliorant l'angle d'abord des organes.
L'échographiste peut également demander au patient de réaliser une **inspiration bloquée** afin de mieux dégager certains organes juxtadiaphragmatiques comme la rate.
Dans le même but, l'échographiste peut réaliser également **différents réglages** sur le tableau de commandes.
La durée totale de l'examen est variable en fonction du type d'échographie, de l'expérience de l'opérateur et des difficultés techniques rencontrées. Elle varie entre 10 et 30 minutes.

2.4 Analyse et archivage des images

L'échographiste analyse les données de l'échographie, en tenant compte du contexte clinique et des autres informations paracliniques disponibles, et rédige un compte rendu.
L'échographie est un examen dynamique, en temps réel. Cependant, l'échographiste choisit de figer certaines images de son examen (celles qu'il considère comme significatives). Sur ces images figées, il peut placer des légendes et effectuer des mesures. Ce sont souvent ces mêmes images qui sont archivées (sur un système type « PACS ») et/ou imprimées et rendues au patient avec le compte rendu de l'examen.

3 Principales limites de l'échographie

Contrairement aux autres modalités d'imagerie, il n'existe pas de véritables contre-indications à l'échographie car **aucun effet secondaire n'a été recensé à ce jour**. On recommande simplement par prudence de ne pas utiliser plus que nécessaire du doppler dans les échographies obstétricales, en raison d'un risque théorique d'échauffement des tissus.
En revanche, il existe plusieurs limites de l'échographie, qui sont de différents ordres.

3.1 Limites liées à l'opérateur

L'échographie est un examen opérateur dépendant. L'obtention d'images de qualité et leur interprétation sont liées à l'expérience de l'échographiste. Contrairement à une TDM ou une IRM, et même s'il existe des images clés, l'examen échographique est dynamique et pourra difficilement être relu par un autre médecin.

3.2 Limites liées au patient

Ce sont celles que le prescripteur doit connaître, et que l'échographiste signalera dans son compte rendu. Ces limites peuvent altérer la confiance placée dans les conclusions de l'examen, voire rendre sa réalisation impossible :

- **patient corpulent** : en cas d'épaisseur pariétale trop importante, le faisceau ultrasonore est atténué avant d'atteindre les organes à explorer. L'image obtenue est alors de mauvaise qualité ;
- **patient non mobile ou ne pouvant coopérer** : dans ce cas, le balayage des organes à explorer peut être rendu incomplet, voire impossible ;
- **immobilité impossible** : patient polypnéique, ou agité.

3.3 Limites liées aux organes

Certains organes ne sont simplement pas accessibles par échographie, en raison des bases physiques décrites dans le chapitre précédent.
Il s'agit :

- **soit des structures très réfléchissantes** (contenant du calcium ou de l'air) comme les os (en dehors de la corticale) ou le poumon normal (en revanche, il est possible de diagnostiquer un épanchement pleural par échographie, voir plus haut) ;
- **soit des organes situés en arrière de ces structures très réfléchissantes** : médiastin, parenchyme cérébral (sauf échographie transfontanellaire chez le petit enfant).

Chapitre 13

Indications, contre-indications et déroulement de l'IRM

1 Produits de contraste en IRM

Leur connaissance est un préalable à la prescription d'un examen d'IRM.
Ces produits de contraste sont de plusieurs natures :
- **chélates de gadolinium** ;
- **particules de manganèse** ;
- **nanoparticules d'oxyde de fer**.

Ces deux derniers types ne sont employés que dans des indications rares et spécifiques, c'est pourquoi la suite du développement ne concernera que les produits de contraste gadolinés.

1.1 Propriétés des chélates de gadolinium

1.1.1 Présentation et utilisation

Le gadolinium est un **ion métallique** de la **famille des terres rares**, utilisé en imagerie sous forme de **chélates** (formes stabilisées du gadolinium).
C'est un produit de contraste qui **augmente le signal T1** des tissus qui le captent, en accélérant la relaxation longitudinale : sur les séquences pondérées **en T1**, **l'accumulation de contraste se manifeste comme un hypersignal**.
Les chélates de gadolinium sont injectés par voie intraveineuse. Ils ne passent pas la barrière hémato-encéphalique. Ils sont éliminés à 80 % par le rein (certains chélates ont des propriétés hépatospécifiques avec une élimination biliaire). Leur demi-vie est d'environ 90 minutes.

1.1.2 Différentes types de chélates de gadolinium

Les chélates de gadolinium se distinguent les uns les autres par plusieurs critères, entre autres :
- **leur biodistribution** :
  - certains chélates de gadolinium (les plus utilisés) ont une **distribution extracellulaire** non spécifique ;
  - d'autres vont avoir une **distribution** à la fois **intravasculaire** et **extracellulaire** ;
  - enfin, il existe des produits de contraste gadolinés restant **confinés aux espaces intravasculaires** (ne diffusant pas dans les espaces extracellulaires). On les utilise pour les angio-IRM ;
- **leur structure chimique** :
  - **linéaire** : les chélates linéaires sont chimiquement moins stables avec un risque de formation de gadolinium libre, toxique pour les tissus biologiques ;
  - **macrocyclique** : produits chimiquement plus stables.

1.2 Effets secondaires

Ils sont peu nombreux et de survenue rare, comparativement aux produits de contraste iodés.
Les effets mineurs (céphalées, paresthésies, nausées) ne seront pas détaillés.
Il existe un risque rénal théorique (par nécrose tubulaire aiguë) mais inexistant aux doses de produit de contraste utilisées.

1.2.1 Réactions d'hypersensibilité

Elles sont rares comparativement aux produits de contraste iodés.
Il n'existe **pas d'allergie croisée** avec les produits de contraste iodés.

1.2.2 Fibrose néphrogénique systémique (FNS)

Cette pathologie, récemment décrite, est une fibrose cutanée et viscérale, rapidement progressive, apparaissant chez des **patients insuffisants rénaux**, la plupart en hémodialyse. Certains patients ont des manifestations systémiques **parfois mortelles** de type cardiomyopathie, fibrose pulmonaire ou hypertension artérielle pulmonaire. Il n'existe pas pour le moment de traitement efficace.
La physiopathologie est mal connue, cependant **la FNS a été statistiquement reliée à l'injection de produit de contraste gadolinés linéaires** (peu stables) chez ces patients insuffisants rénaux.
L'injection répétée de chélates de gadolinium augmente le risque dans cette population.

1.3 Contre-indications à l'injection de produits de contraste gadolinés

L'injection de produits de contraste gadolinés est contre-indiquée dans les cas suivants :
- **hypersensibilité avérée aux produits de contraste gadolinés** ;
- **insuffisance rénale** (en raison du risque de FNS) :
  - contre-indication formelle des chélates de gadolinium à structure linéaire chez les patients présentant une clairance de la créatinine inférieure à 30 mL/min ;
  - contre-indication relative des chélates de gadolinium à structure macrocyclique chez ces mêmes patients : utilisation uniquement après une bonne évaluation du rapport bénéfice/risque ;
- **grossesse** : les données relatives à l'utilisation de chélates de gadolinium chez la femme enceinte étant insuffisantes, leur injection au cours de la grossesse est contre-indiquée (contre-indication relative).

2 Indication des principaux examens d'IRM

Le choix d'une combinaison de séquences pour répondre à une question donnée dépend à la fois de la **région anatomique** d'intérêt, de la **pathologie** recherchée et des habitudes du radiologue. Le but du paragraphe suivant n'est pas de les décrire de façon exhaustive, mais de donner simplement quelques éléments de compréhension.
Les différentes séquences sont décrites au chapitre 4 page 33 et suivantes.
Les séquences après injection de produit de contraste se réalisent après des délais similaires à ceux décrits pour la TDM (temps artériel, temps veineux...).

2.1 IRM cérébrale

C'est l'imagerie la plus adaptée à l'exploration encéphalique. Elle offre un excellent contraste spontané et est beaucoup plus sensible que la TDM.
Sauf **contexte traumatique aigu** (indication de la TDM cérébrale), **c'est l'examen à réaliser devant tout symptôme neurologique.**

2.1.1 Protocole

Le protocole varie en fonction de l'indication. Les séquences les plus utilisées sont les suivantes :

- **séquence Flair** : étude de la substance blanche ;
- **séquence de diffusion** (avec cartographie ADC) : recherche d'ischémie récente, caractérisation de lésions (abcès, tumeurs…) ;
- **séquence en écho de gradient** : recherche de saignement ;
- **séquence pondérée T1 avant et après injection de chélates de gadolinium** : étude du rehaussement ;
- **séquence d'angio-IRM** : étude vasculaire (accidents vasculaires cérébraux surtout).

2.1.2 Indications

Les principales indications sont les suivantes :

- **contexte vasculaire** : exploration d'accidents vasculaires cérébraux (infarctus, accident ischémique transitoire, thrombophlébite) ;
- **contexte dégénératif** : bilan de démence, bilan de sclérose en plaque ;
- **contexte infectieux** : recherche d'abcès, de signes d'encéphalite ;
- **contexte tumoral** : dépistage de lésions secondaires, bilan de lésion primitive ;
- **exploration hypophysaire** : recherche de tumeurs/maladie infiltrante de l'hypophyse, exploration de déséquilibres hormonaux ;
- **exploration des nerfs crâniens** : bilan d'une névralgie du V, d'une paralysie faciale, d'un neurinome ;
- **exploration de première intention devant un symptôme neurologique** : migraine avec atypie, vertiges…

2.2 IRM médullaire

L'IRM est la meilleure technique d'exploration médullaire. Elle seule permet l'analyse du cordon médullaire lui-même.

2.2.1 Protocole

Le protocole comprend habituellement :

- **des séquences sagittales sur l'ensemble de la moelle** ;
- **des séquences axiales centrées sur les anomalies** repérées en séquence sagittale ;
- parfois des séquences coronales pour étudier les parties molles paravertébrales.

L'injection de produit de contraste gadolinés varie en fonction de l'indication.

2.2.2 Indications

Tout symptôme médullaire aigu ou chronique s'explore par une IRM médullaire. C'est le cas notamment pour :

- l'exploration d'un **syndrome de compression médullaire** ;
- le bilan et le suivi d'une **sclérose en plaque**.

2.3 IRM ostéo-articulaire

Elle est devenue centrale dans l'**exploration des pathologies rhumatologiques** et **post-traumatiques**. Son excellent contraste spontané permet d'explorer précisément l'anatomie des muscles, tendons et ligaments, ainsi que leurs pathologies.
Le signal osseux est également source de nombreuses informations.
L'examen peut être compléter par l'injection intra-articulaire de produit de contraste gadoliné (**arthro-IRM**).

2.3.1 Protocole

Les protocoles dépendent des articulations concernées et des pathologies étudiées.
Ils comprennent toujours des plans orthogonaux.
L'utilisation de produits de contraste gadolinés est variable.
Les séquences en densité de protons sont fréquemment employées.

2.3.2 Indications

Les principales indications sont les suivantes :

- **exploration de lomboradiculalgies et des névralgies cervico-brachiales**, des **pathologies inflammatoires du rachis** (IRM rachidienne) ;
- **exploration des pathologies articulaires, tendineuses, ligamentaires** (articulations périphériques) ;
- **exploration musculaire pures** (myosites, tumeurs musculaires) ;
- **explorations osseuses pures** (tumeurs osseuses).

2.4 IRM abdominale

Les applications de l'IRM en pathologie abdominale sont multiples.

2.4.1 IRM hépatique

L'IRM est l'examen de choix pour l'exploration du parenchyme hépatique :

- **caractérisation de tumeurs hépatiques**, diagnostiquées en échographie ou en TDM : utilisation de séquences sans et après injection de produit de contraste ;
- **surveillance de maladies chroniques du foie** (examen sensible pour la détection du carcinome hépatocellulaire) ;
- **exploration de la stéatose hépatique hétérogène** (séquence *phase in-phase out*) ;
- **surveillance de tumeurs** (primitives ou secondaires) ;
- **évaluation de la charge hépatique en fer** (hémochromatose) grâce à différentes séquences en écho de gradient, ne nécessitant pas d'injection de produit de contraste ;
- **suivi de transplant hépatique.**

L'IRM hépatique peut être couplée à la réalisation d'une bili-IRM (*voir page suivante*).

2.4.2 IRM pancréatique

Cet examen permet :

- la **caractérisation de tumeurs pancréatiques** ;
- le **bilan étiologique de pancréatite aiguë**, le **bilan diagnostique de pancréatite chronique**.

Dans les deux cas, on réalise habituellement une injection de produit de contraste.
L'IRM pancréatique peut être couplée à la réalisation d'une bili-IRM *(voir page suivante)*.

2.4.3 Bili-IRM (cholangio-IRM)

Cet examen permet :
- l'**exploration des voies biliaires** intra- et extra-hépatiques : sténose, dilatation, rapport d'une lésion parenchymateuse avec les voies biliaires, bilan préopératoire avant chirurgie hépatique ;
- l'**exploration des canaux pancréatiques** (l'examen est alors également appelée wirsungo- IRM) : sténose, dilatation, variante anatomique, rapport d'une lésion parenchymateuse avec les voies pancréatiques.

Les séquences de bili-IRM sont le plus souvent couplées à des séquences « classiques » (en T1 et en T2) explorant le parenchyme hépatique ou pancréatique.

2.4.4 Entéro-IRM

Elle permet l'analyse des parois grêliques grâce à la distension de l'intestin grêle par un produit donné à boire (en général de l'eau additionné de méthylcellulose) :
- **diagnostic**, **bilan de la sévérité** et **suivi** d'une **maladie de Crohn avec atteinte grêlique** ;
- **diagnostic de polypose intestinale**, de **tumeur grêlique**.

2.4.5 IRM rectale

Elle est utilisée pour le bilan d'extension et le suivi des **cancers** des tiers inférieur et moyen **du rectum**.

2.5 IRM de l'arbre urinaire

2.5.1 IRM rénale

Elle comprend en général une injection de produit de contraste et est utile dans les indications suivantes :
- **complément d'exploration devant une lésion rénale suspecte** (kyste atypique par exemple), bilan d'**extension d'une tumeur rénale** ;
- **dépistage de tumeurs** sur reins natifs **chez des patients transplantés rénaux** ;
- **suivi du transplant rénal**.

2.5.2 Uro-IRM

Elle est réalisée pour l'exploration des voies excrétrices (sténoses, calcul, tumeurs).

Elle est d'utilisation moins courante que l'uro-TDM, mais son intérêt est d'être non irradiante et de ne pas nécessiter d'injection de produit de contraste iodé (attention cependant au respect des règles d'utilisation des produits de contraste gadolinés chez un patient insuffisant rénal).

2.5.3 IRM surrénalienne

Elle est utilisée pour l'**exploration des masses surrénaliennes**, notamment elle permet la caractérisation des adénomes surrénaliens grâce aux séquences *phase in-phase out*.

2.6 IRM pelvienne

2.6.1 IRM utéro-ovarienne

C'est un examen incontournable en pathologie gynécologique bénigne et maligne.

Elle comprend des séquences dans les plans sagittal, axial et coronal. L'injection de produit de contraste varie en fonction des indications.

L'IRM est en général réalisée après un premier bilan échographique. Les indications principales sont les suivantes :

- **bilan d'endométriose et d'adénomyose** ;
- **bilan de leiomyomes** (multiples et/ou de grande taille), à visée préthérapeutique ;
- **caractérisation de masse pelvienne** indéterminée ;
- **bilan d'extension et suivi des cancers gynécologiques** (cancer du col, de l'endomètre, de l'ovaire) ;
- **bilan d'algies pelviennes** chroniques, d'**infertilité**, en deuxième intention.

2.6.2 IRM ano-périnéale

Elle est d'indication plus réduite.
Elle sert pour le **bilan de fistule ou d'abcès de la région périnéale** (*maladie de Crohn, maladies vénériennes*, postchirurgie).

2.6.3 IRM prostatique

Son utilisation est de plus en plus répandue dans la pathologie fréquente qu'est le cancer prostatique. Elle se réalise avec une antenne de surface, parfois avec une antenne endocavitaire (endorectale). Elle est utilisée pour les **bilans d'extension local de cancer de prostate** avant chirurgie. D'autres indications émergent : recherche de foyer de néoplasie prostatique après des biopsies prostatiques négatives chez un patient au PSA élevé, surveillance en cas d'abstention thérapeutique chez le patient atteint d'un cancer prouvé histologiquement.

2.6.4 IRM pénienne

Elle est d'utilisation rare (cancer du pénis, traumatisme pénien).

2.7 IRM mammaire

Technique d'utilisation plus récente, elle est indiquée en **pathologie maligne dans la recherche de rechute** postchirurgicale, et pour l'**évaluation de l'efficacité d'un traitement néoadjuvant** par chimiothérapie. D'autres nouvelles indications concernent le bilan d'adénopathie axillaire isolée sans signe mammographique, le bilan d'extension local d'une tumeur mammaire et le dépistage des patientes à haut risque (mutations BRCA1 et BRCA2). Enfin, elle permet la recherche de rupture intra-capsulaire en cas de prothèse mammaire.

2.8 IRM thoracique

L'IRM pulmonaire n'est pas utilisée en routine clinique. En revanche l'IRM thoracique peut être utilisée pour le bilan de **masse médiastinale** ou pour l'**exploration du plexus brachial**.

2.9 Angio-IRM

Son intérêt est d'éviter l'injection de produit de contraste iodé chez des patients souvent polyvasculaires avec une fonction rénale altérée (prudence cependant : respect des contre-indications absolues et relatives liés à la FNS).

Elle permet **le bilan et la surveillance de lésions** athéromateuses ou inflammatoires (anévrysme, thrombose, sténose…) :
- **des troncs supra-aortiques et du polygone de Willis** ;
- **de l'aorte thoraco-abdominale** ;
- **des artères rénales** ;
- **des artères des membres inférieurs.**

2.10 IRM cardiaque

Elle permet une étude précise du myocarde :
- **pathologie myocardique aiguë** : bilan de myocardite (diagnostic positif), d'infarctus aigu du myocarde (en cas de doute diagnostique ou pour le bilan pronostique) ;
- **pathologie myocardique chronique** : bilan étiologique et pronostique de cardiomyopathies ;
- **pathologie coronarienne chronique** : tests pharmacologiques de viabilité myocardique ;
- **bilan de cardiopathies congénitales, de tumeurs cardiaques.**

3 Déroulement pratique d'un examen d'IRM

3.1 Préparation du patient

Elle repose sur les éléments préalables suivants :
- **information du patient** par le prescripteur sur les modalités de l'examen et ses buts ;
- **jeûne**, en cas d'examens comportant des séquences de bili-IRM (afin que le contenu gastroduodénal n'altère pas la visibilité des voies biliaires) ;
- **prémédication** : à visée anxiolytique pour les patients claustrophobes (benzodiazépines le plus souvent).

3.2 Accueil du patient

Le patient est accueilli par le manipulateur radio qui réalise les opérations suivantes :
- **vérification de l'ordonnance**, de l'**indication** et détermination du protocole d'examen (par le radiologue) ;
- **vérification de l'absence de contre-indication à l'examen** par un interrogatoire, la remise d'un questionnaire et la consultation de l'ordonnance. Ces contre-indications sont de deux types :
  - **liées au champ magnétique :** présence d'un pacemaker, d'un corps étranger intra-oculaire, etc. ;
  - **liées à une injection éventuelle de produit de contraste** : il s'agit de rechercher un antécédent d'hypersensibilité, d'insuffisance rénale ou de grossesse ;
- **information** sur les risques d'une potentielle injection de produit de contraste ;
- **mise en condition du patient** :
  - port d'un pyjama jetable ;
  - élimination de tout élément à risque ferromagnétique : montres, bijoux, ceinture, clés, carte de crédit à puce ou magnétique, pièces de monnaie ;
  - pose d'une perfusion si l'examen nécessite une injection de produit de contraste.

3.3 Installation du patient

Elle s'effectue de la manière suivante :
- patient installé en **décubitus dorsal** (le plus souvent) dans l'anneau ;
- patient muni d'un **casque antibruit** ;
- **antenne de radiofréquence choisie** en fonction du type d'examen et placée à proximité de la zone explorée ;
- **préparation** par le manipulateur radio d'une **éventuelle injection de produit de contraste**.

3.4 Acquisition des images

Le manipulateur radio procède ainsi :
- fermeture de la salle de réalisation de l'IRM ;
- repérage de la zone d'exploration par des séquences rapides, puis lancement de différentes séquences diagnostiques ;
- la durée varie en fonction de l'organe exploré et des séquences requises, entre 15 et 45 minutes ;
- nécessité d'une immobilité parfaite et de la coopération du patient pour les séquences en apnée.

À la fin de l'examen, le patient est déperfusé.

3.5 Post-traitement, analyse et archivage des images

Le post-traitement des images est réalisé par le radiologue et/ou le manipulateur radio.
L'interprétation est faite par un radiologue, en tenant compte, comme pour tout examen d'imagerie, **des informations cliniques et paracliniques** fournies par le prescripteur. Un compte rendu est ensuite élaboré.
Les images de l'examen sont en général stockées sur un système d'archivage d'image type PACS.

4 Contre-indications de l'IRM

4.1 Contre-indications formelles

Elles sont de deux types.

4.1.1 Liées au champ magnétique

En cas de présence de matériel ferromagnétique, susceptible de se mobiliser

- Clips vasculaires intracérébraux les plus anciens (secondaires aux traitements endovasculaires des anévrysmes cérébraux).
- Valves cardiaques mécaniques d'anciens modèles.
- Corps métalliques intraoculaires.

En cas de présence de dispositifs biomédicaux, dont le fonctionnement risque d'être perturbé par le champ magnétique

- Stimulateur cardiaque (pacemaker) et défibrillateur cardiaque.
- Neurostimulateur, implants cochléaires, pompe à insuline.

4.1.2 Liées à l'utilisation de produit de contraste gadolinés

Voir « Produits de contraste en IRM », page 101.

IMPORTANT

Ne sont pas des contre-indications à la pratique d'une IRM :
- les prothèses articulaires ;
- les clips chirurgicaux autres qu'oculaires, les agrafes chirurgicales.

Le risque cependant de ces corps étrangers est qu'ils produisent des artéfacts ferromagnétiques entraînant des zones de destruction du signal sur l'image.

4.2 Contre-indications relatives, temporaires ou fonctionnelles

Contre-indications sont liées à l'état du patient :
- **décubitus impossible** : orthopnée, cyphose sévère. En effet, il existe une durée minimale d'immobilité pour l'acquisition des images qui est bien supérieure à celle de la TDM ;
- **claustrophobie** : elle peut souvent être surmontée par une prémédication et un soutien psychologique ;
- **agitation** : en raison de la nécessité d'immobilité prolongée ;
- **obésité** : la plupart des appareils d'IRM sont « fermées » c'est-à-dire constituées d'un aimant circulaire. Si le diamètre abdominal du patient dépasse le diamètre de l'anneau, la réalisation de l'examen sera impossible.

Chapitre 14

Indications, contre-indications et déroulement des examens de médecine nucléaire

1 Principaux examens de médecine nucléaire et leurs indications

1.1 Scintigraphie thyroïdienne et parathyroïdienne

1.1.1 Scintigraphie thyroïdienne

La scintigraphie thyroïdienne est utilisée dans la stratégie de **caractérisation de nodules thyroïdiens supracentimétriques**, pour le **diagnostic** et le **suivi des thyroïdites**, et l'**exploration des hyperthyroïdies**. Elle est réalisée le plus souvent avec du technétium-99m, plus rarement avec de l'iode-123 ou du thallium-201.
La scintigraphie à l'iode-131 est indiquée pour le suivi des cancers non médullaire de la thyroïde (dans ce cas, le champ d'exploration n'est pas limité à la thyroïde, mais concerne le corps entier).

1.1.2 Scintigraphie parathyroïdienne

La scintigraphie parathyroïdienne permet l'**exploration d'une hyperparathyroïdie** primitive ou secondaire, pour rechercher des adénomes uniques ou multiples, et préciser leur localisation à visée préopératoire. Le radiotraceur utilisé est le cestamibi marqué au technétium-99m.

1.2 Scintigraphie osseuse

Ses indications sont variées : **détection de lésions osseuses primitives** et **surtout secondaires** (bilan d'extension et suivi), **recherche d'algodystrophie**, d'**ostéonécrose aseptique**, de **fracture de fatigue**, d'**infection ostéo-articulaire**, bilan d'extension d'une **maladie de Paget**.
On utilise comme radiotraceurs des dérivés phosphatés marqués au technétium-99m.

1.3 Scintigraphie cardiaque

1.3.1 Scintigraphie myocardique

C'est un examen sensible pour la **détection de l'ischémie myocardique**, utilisé également pour déterminer la **viabilité myocardique** avant revascularisation. Elle peut être prescrite après revascularisation

pour rechercher une nouvelle sténose. Dans ce but, des acquisitions scintigraphiques sont réalisées à l'effort (effort physique ou test pharmacologique au dipyridamole ou à l'adénosine), puis après plusieurs heures de repos. Les traceurs utilisés sont le technétium-99m (marqueur de perfusion coronaire) et le thallium-201 (marqueur de viabilité myocardique). On recherche une hypofixation réversible du myocarde systématisée à un territoire coronarien, indiquant une région ischémique.

1.3.2 Ventriculographie isotopique (scintigraphie des cavités cardiaques)

C'est un examen utilisé pour le **calcul de la fraction d'éjection ventriculaire**, élément pronostique de nombreuses pathologies cardiaques, grâce à l'utilisation d'hématies ou d'albumine marquées au technétium-99m.

1.4 Scintigraphie pulmonaire

Elle est l'alternative à l'angio-TDM pulmonaire dans **les suspicions et les suivis d'embolie pulmonaire**. Dans cette indication, elle comprend :

- **une scintigraphie de perfusion pulmonaire** : après injection d'albumine marquée au technétium-99m ;
- **une scintigraphie de ventilation pulmonaire** : après inhalation d'un aérosol radioactif.

On utilise également la scintigraphie de perfusion seule, afin d'évaluer la part respective de chaque poumon dans la perfusion pulmonaire (bilan préopératoire avant lobectomie ou pneumectomie), ou pour le suivi des transplantations pulmonaires.

IMPORTANT

Radio de thorax et scintigraphie pulmonaire

Il est souhaitable de disposer d'une radiographie de thorax chez un patient devant bénéficier d'une scintigraphie pulmonaire afin de s'assurer qu'il n'existe pas de pathologie pulmonaire patente susceptible de gêner l'interprétation des résultats.

1.5 Scintigraphie rénale

1.5.1 Scintigraphie rénale au DMSA (marqué au technétium-99m)

Le DMSA est un traceur se fixant sur le cortex rénal, qui est parfois utilisé pour de mettre en évidence des **séquelles de pyélonéphrites** répétées (surtout en pathologie pédiatrique).

1.5.2 Scintigraphie rénale dynamique au DTPA ou MAG3 (marqués au technétium-99m)

Elle permet de mesurer la **fonction séparée de chaque rein** et la contribution de chaque rein à la fonction globale. Elle est également utilisée pour diagnostiquer l'**hypertension réno-vasculaire**. L'examen est parfois sensibilisé par l'administration de diurétiques (furosémide) ou d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion (captopril).

1.6 TEP-TDM

C'est une technique en plein essor compte tenu de ses applications en **oncologie**.
Elle repose sur la **fusion d'images tomoscintigraphiques** (apportant les données fonctionnelles) et d'**images tomodensitométriques** (permettant une correction de l'atténuation et une précision anatomique).

1.6.1 Traceurs utilisés

Le traceur actuellement le plus utilisé est le **18-fluorodésoxyglucose (18-FDG)**, analogue au glucose. Le groupe hydroxyl en position 2 du glucose a été remplacé par un atome de fluor-18 radioactif, émettant des positons.
Son utilisation en TEP-TDM est basée sur l'**accumulation de ce glucose modifié dans les cellules tumorales**, produisant une **hyperfixation** sur l'image scintigraphique.
Cette fixation n'est cependant pas spécifique (les processus infectieux et inflammatoires sont souvent hyperfixants, grâce au métabolisme accru des cellules qui les composent), et l'interprétation de l'examen est parfois délicate.
D'autres traceurs existent mais sont moins utilisés (F-DOPA, F-Choline, le FNa).

1.6.2 Indications

Les indications reconnues du TEP-TDM au 18-FDG sont les suivantes (apparaissent entre parenthèses les pathologies pour lesquelles l'apport diagnostique est le plus documenté) :

- **bilan d'extension initial d'une tumeur connue** (cancer des voies aérodigestives supérieures, du poumon, de l'œsophage, mélanome, lymphome) ;
- **suivi postradiothérapie** (tissu tumoral résiduel) et de l'**efficacité d'une chimiothérapie** (cancer des voies aérodigestives supérieures, lymphome) ;
- **recherche de récidive** (cancer colo-rectal, des voies aérodigestives supérieures, du poumon, mélanome, lymphome) ;
- **localisation d'une tumeur primitive** devant la découverte de lésion métastatique (adénopathie cervicale) ;
- **caractérisation d'un nodule pulmonaire solitaire** ;
- **suspicion de tumeur pancréatique** (diagnostic différentiel avec pancréatite pseudo-tumorale)...

1.6.3 Limites

Il faut garder à l'esprit que **certains tissus tumoraux fixent peu ou pas le 18-FDG** : la sensibilité de l'examen est bonne mais non parfaite.
Par ailleurs, les fixations physiologiques sont multiples : encéphale, reins, vessie, tube digestif, muscles (dont myocarde) et, comme signalé plus haut, les processus infectieux et inflammatoires sont aussi hyperfixants.

1.7 Autres examens scintigraphiques

Ils sont d'emploi plus rare.

1.7.1 Scintigraphie à l'OctréoScan®

C'est une scintigraphie détectant les **récepteurs de la somatostatine** (grâce à un peptide traceur analogue de la somastostatine), présents dans les cellules des **tumeurs endocrines**. Elle est utilisée pour le diagnostic, le bilan d'extension et la recherche de récidive de ces tumeurs.

1.7.2 Scintigraphie cérébrale

Il en existe deux types.

Scintigraphie de perfusion cérébrale

Elle permet, le plus souvent grâce à un traceur appelé HmPAO, de rechercher des zones hypoperfusées hypofixantes (diagnostic des maladies dégénératives comme la maladie d'Alzheimer ou la démence fronto-temporale) ou hyperperfusées hyperfixantes (zone épileptogène).

Scintigraphie au DaTSCAN®

Elle est employée pour le diagnostic étiologique des mouvements anormaux (diagnostic différentiel entre tremblement essentiel et maladie de Parkinson) grâce à un radiotraceur se liant aux transporteurs de la dopamine. En cas de maladie de Parkinson, la fixation striatale du traceur est diminuée.

1.7.3 Scintigraphie au gallium

Scintigraphie réalisée avec le citrate de gallium-67, traceur se fixant sur les sites inflammatoires, infectieux ou tumoraux. Elle sert pour le **bilan de fièvre** prolongée, l'**évaluation et le suivi de granulomatoses** (en particulier pour la sarcoïdose), la **recherche d'infections** ostéo-articulaires.

1.7.4 Scintigraphie aux leucocytes marqués

Des leucocytes prélevés au patient sont marqués par de l'indium-111 ou du technétium-99m. Elle permet d'explorer des **infections** ostéo-articulaires ou intra-abdominales et les **maladies inflammatoires chroniques de l'intestin**.

1.7.5 Scintigraphie du ganglion sentinelle

Elle permet de détecter du **premier relais ganglionnaire** grâce à l'injection périalvéolaire ou péritumorale d'un traceur, pour les tumeurs du sein et les mélanomes.

2 Contre-indications des examens de médecine nucléaire

Elles sont liées aux effets secondaires des rayonnements ionisants, plus rarement aux produits pharmacologiques employés pour certains examens.

2.1 Contre-indications liées aux effets secondaires des rayonnements gamma

Ces effets sont identiques à ceux des rayons X *(voir chapitre 9, « Radioprotection » page 63)*.
Ce sont des contre-indications relatives.

2.1.1 Grossesse

Les examens non urgents doivent être repoussés après l'accouchement. Des examens urgents pourront cependant être réalisés après **évaluation rigoureuse du rapport bénéfice/risque**, par exemple : scintigraphie pulmonaire pour le diagnostic d'embolie pulmonaire (dans ce cas particulier, on réalise en général seulement une scintigraphie de perfusion seule non couplée à une scintigraphie de ventilation).

2.1.2 Allaitement

L'exposition aux rayons est déconseillée en raison du **passage du traceur radioactif dans le lait maternel**. Si l'examen ne peut être repoussé, **l'allaitement doit être interrompu** temporairement (la durée de l'interruption est fonction de la demi-vie du traceur).

2.2 Contre-indications liées aux produits pharmacologiques utilisés pour certains examens

Le dipyridamole et l'adénosine, utilisés en scintigraphie myocardique comme tests de stimulation, sont **contre-indiqués en cas d'hypotension, d'asthme, de troubles de conduction de haut degré ou d'hypersensibilité connue**.
La scintigraphie myocardique après effort est, elle, **contre-indiquée en cas d'infarctus récent, d'angor instable, de troubles du rythme non contrôlés, ou d'insuffisance cardiaque décompensée.**

3 Déroulement d'un examen de médecine nucléaire

3.1 Préparation du patient

3.1.1 Au préalable

- **Information du patient** par le prescripteur sur les modalités de l'examen et ses buts.
- **Précautions particulières** : il n'y en a pas pour la scintigraphie osseuse, la scintigraphie pulmonaire. Pour les autres examens, voir ci-après.

3.1.2 Examens requérant des précautions et/ou une préparation particulière

Scintigraphie thyroïdienne

Elle doit être réalisée **à distance d'une injection de produit de contraste iodé** (TDM avec injection), **ou de traitement par amiodarone**, en raison de la surcharge iodée induite par ces médicaments. Tout traitement thyroïdien doit être signalé pour l'interprétation des résultats.

Scintigraphie myocardique

Elle nécessite l'**absence de consommation d'excitants** (thé, café, chocolat) avant l'examen (interactions avec le dipyridamole et l'adénosine utilisés comme tests de stimulation), et l'**arrêt des traitements par bêtabloquants** 48 heures avant (sauf si souhait d'examen sous traitement).

TEP-TDM au 18-FDG

Basée sur le métabolisme du glucose, la **glycémie doit être contrôlée** afin d'éviter la compétition entre le glucose en quantité trop élevée et le 18-FDG. Si la glycémie est trop élevée, la sensibilité de l'examen est altérée.
Par ailleurs, l'examen doit être réalisé **à distance d'une intervention chirurgicale** (délai de 6 semaines), **d'une radiothérapie** (délai de 10 semaines) **et d'une chimiothérapie** (délai de 3 semaines). Un délai trop court risque de rendre l'interprétation des résultats difficile (inflammation locale postopératoire et postradique, fixation ostéomédullaire diffuse postchimiothérapie).

IMPORTANT
Préparation d'un patient pour une TEP-TDM au 18-FDG

Elle doit respecter les éléments suivants :
- **équilibration de la glycémie** chez un patient diabétique ;
- **absence de perfusion de sérum glucosé** ;
- régime équilibré en sucre les jours précédents et **jeûne d'au moins 6 heures** au moment de l'injection du traceur radioactif ;
- après l'examen : **bonne hydratation** pour favoriser l'élimination urinaire du produit.

3.2 Accueil du patient

Le manipulateur radio effectue les démarches suivantes :
- **vérification de l'ordonnance, de l'indication et établissement du protocole d'examen avec le médecin nucléaire** ;
- **vérification de l'absence de contre-indication** à l'examen : recherche de grossesse (retard de règle) ou d'allaitement, recherche de contre-indication spécifique aux médicaments employés (scintigraphie cardiaque), d'injection d'iode récente (scintigraphie thyroïdienne) ;
- **information** sur le déroulement de l'examen et des effets secondaires potentiels ;
- **pose d'une voie veineuse périphérique** en cas d'administration du traceur radioactif par voie veineuse.

3.3 Administration du traceur radioactif

Le traceur radioactif s'administre le plus souvent **par voie intraveineuse**, parfois par voie orale ou par inhalation (scintigraphie pulmonaire de ventilation).

3.4 Acquisition des images

Le délai d'acquisition varie en fonction des types d'examen (immédiatement après l'injection jusqu'à plusieurs heures). Dans certains cas, on réalise des clichés à plusieurs délais après l'injection du traceur.

Au décours de l'examen, les substances radioactives persistent dans l'organisme du patient, mais l'importance **décroît rapidement**.

Il est donc conseillé d'éviter les contacts prolongés avec le patient dans les 24 heures suivant l'examen. À l'hôpital, cela signifie qu'il faut éviter de rester dans la chambre du patient en dehors des soins.

De plus, les urines évacuées sont également radioactives. En cas d'incontinence ou d'utilisation de poche à urines, les déchets doivent être évacués selon un circuit spécial.

3.5 Interprétation et archivage des images

L'interprétation est faite par un médecin nucléaire, en tenant compte, comme pour tout examen d'imagerie, **des informations cliniques et paraclinques** fournies par le prescripteur. Un compte rendu est ensuite élaboré.

En général, les données sont stockées sur un système d'archivage type PACS.

Sous-partie 3

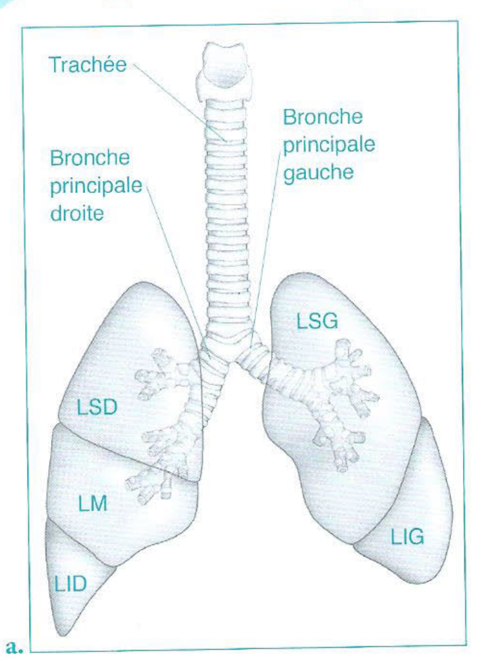
Principes de radioanatomie

Chapitre 15
Radiographie conventionnelle

1 Radio de thorax

La radiographie de thorax est l'examen le plus couramment prescrit.

1.1 Rappels anatomiques



LSD : lobe supérieur droit
LM : lobe moyen
LID : lobe inférieur droit
LSG : lobe supérieur gauche
LIG : lobe inférieur gauche

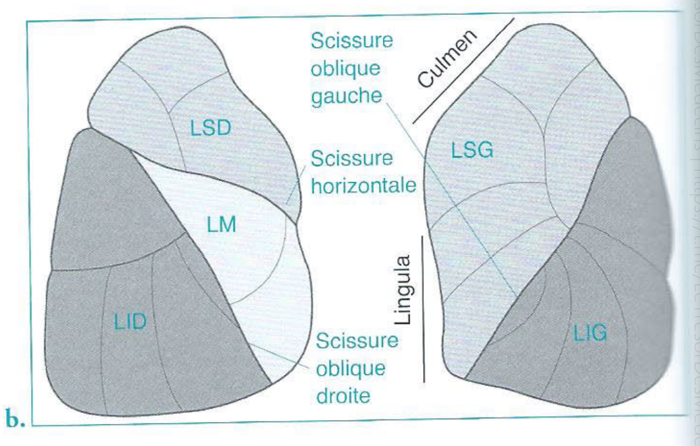


Figure 48 - Lobes pulmonaires et scissures
a. arbre bronchopulmonaire vu de face ; **b.** lobes pulmonaires droit et gauche vus de profil.

1.2 Incidences

1.2.1 Radiographie de thorax de face standard

C'est l'incidence **la plus couramment réalisée.**

Réalisation

Elle est réalisée **debout** (ou à défaut assis), **en inspiration** profonde et **en apnée** complète.
Les épaules doivent être dégagées afin de limiter la projection des scapulas sur les champs pulmonaires.
On utilise un rayon incident postéro-antérieur chez l'adulte, c'est-à-dire que la face antérieure du thorax du patient est placée contre le détecteur.

Pour aller plus loin
Pourquoi le cliché est-il réalisé avec un rayon postéro-antérieur ?

Cette position présente deux intérêts principaux : d'une part la silhouette cardiaque est placée au plus près de la plaque et cela limite ainsi son agrandissement sur le cliché, d'autre part l'irradiation mammaire est réduite.

Interprétation d'une radiographie de thorax de face

Elle se fait en plusieurs étapes qu'il faut respecter afin de ne pas commettre d'erreur. Les deux premières étapes sont communes à toute analyse de radiographie standard.

Étape 1 : éléments administratifs

- **Vérifier** que **l'identité du patient** correspond bien au dossier en cours d'analyse.
- **Noter l'âge et le sexe**, qui pourront servir pour l'analyse ultérieure.
- **Vérifier également la date de réalisation du cliché** (pour être certain qu'il ne s'agit pas d'u ancienne radiographie).

Étape 2 : critères de qualité de la radiographie

- **Symétrie** (absence de rotation du patient) : on peut pour cela se fier à la symétrie des articulatio sterno-claviculaires droite et gauche qui doivent être à égale distance de la ligne médiane, pouva être définie par la ligne reliant les processus épineux des vertèbres thoraciques.
- **Réalisation en inspiration forcée** : on doit pouvoir compter 6 arcs costaux antérieurs et 10 a costaux postérieurs au-dessus du diaphragme.

Creusons le sujet
Nécessité de l'inspiration

Un cliché où le patient a mal inspiré peut provoquer des images trompeuses : pseudo-élargissement de la silhouette cardiaque, superpositions vasculaires aux bases pouvant mimer un foyer de condensation.

- **Pénétration des rayons X suffisante** : la radiographie ne doit être ni surexposée (globalement tr noire) ni sous exposée (globalement trop blanche). Un bon critère est la visibilité des vertèb dorsales en arrière de la silhouette cardiaque, et la visibilité de la vascularisation pulmonaire jusq 1,5 cm de la périphérie.
- **Réalisation debout ou assis** : présence d'un contenu aérique dans l'estomac, séparé du somn de la coupole diaphragmatique gauche par une distance inférieure à 1 cm.
- **Absence de projection surajoutée** sur le champ pulmonaire : il peut s'agir des scapulas, ou enc de bijoux, de baleines de soutien gorge…
- **Champ d'exploration complet** : les apex comme les récessus pleuraux inférieurs doivent ê visibles.

Étape 3 : analyse du cliché

Il existe plusieurs méthodes, l'important est d'être systématique pour ne pas oublier une structu L'une des méthodes couramment utilisées est l'analyse « concentrique », de l'extérieur vers l'intérie

Zone anatomique observée		Ce qu'il faut vérifier
Cadre osseux		Intégrité des scapulas, des clavicules, du sternum et des côtes en suivant leurs contours.
Parties molles et organes extrathoraciques	**Diaphragme**	Les deux coupoles diaphragmatiques sont normalement bien visibles. La coupole diaphragmatique droite est toujours légèrement ascensionnée par rapport à la coupole diaphragmatique gauche (en raison de la présence du foie).
	Organes sous-diaphragmatiques	Absence d'opacité ou d'hyperclarté surajoutée à la densité hépatique, poche à air gastrique normalement visible (si cliché réalisé en position debout).
	Creux axillaires, cou	Absence d'opacité ou d'hyperclarté surajoutée.
	Ombres mammaires chez la femme	Normalement symétriques.
	Plèvre	Suivi des contours pleuraux sur tout le cadre pariétal, diaphragmatique et médiastinal, d'un côté puis de l'autre. Les récessus pleuraux inférieurs sont normalement bien visibles et profonds. La plèvre elle-même est normalement non individualisée. Seule la scissure horizontale (petite scissure) est parfois visualisée sous forme d'une opacité linéaire très fine, régulière, horizontale à hauteur du hile.
	Médiastin	‣ **Bords médiastinaux** : formes et positions normales *(figure 50 page 121)*. ‣ **Silhouette médiastinale** elle-même : absence de déviation à droite et à gauche, sans hyperclarté ni opacité surajoutée. ‣ **Index cardio-thoracique** : normalement inférieur à 0,5. ‣ **Trachée** : centrée sans déviation ni réduction de calibre. ‣ En cas de patient porteur d'une **chambre implantable** (facilement repérable sous forme d'une structure arrondie à bords denses se projetant à la moitié supérieure des champs pulmonaires) : vérification de la position de l'extrémité du cathéter, normalement situé dans la veine cave supérieure, quelques centimètres en dessous de la carène.
Parenchyme		Les bronches ne sont pas visibles à l'état normal. La trame vasculaire est identifiable jusqu'à 1,5 cm de la périphérie. Il faut examiner et comparer les champs pulmonaires droit et gauche en procédant tiers par tiers, en recherchant des opacités ou des hyperclartés.

IMPORTANT
Index cardio-thoracique

L'index cardio-thoracique (ICT) se calcule sur une radiographie de thorax de face stricte, réalisée debout *(voir figure 51 page 122)*.

Il est défini par le rapport du diamètre thoracique maximal sur le diamètre cardiaque maximal. L'index normal est inférieur à 0,5.

$$ICT = (c + c') / t$$

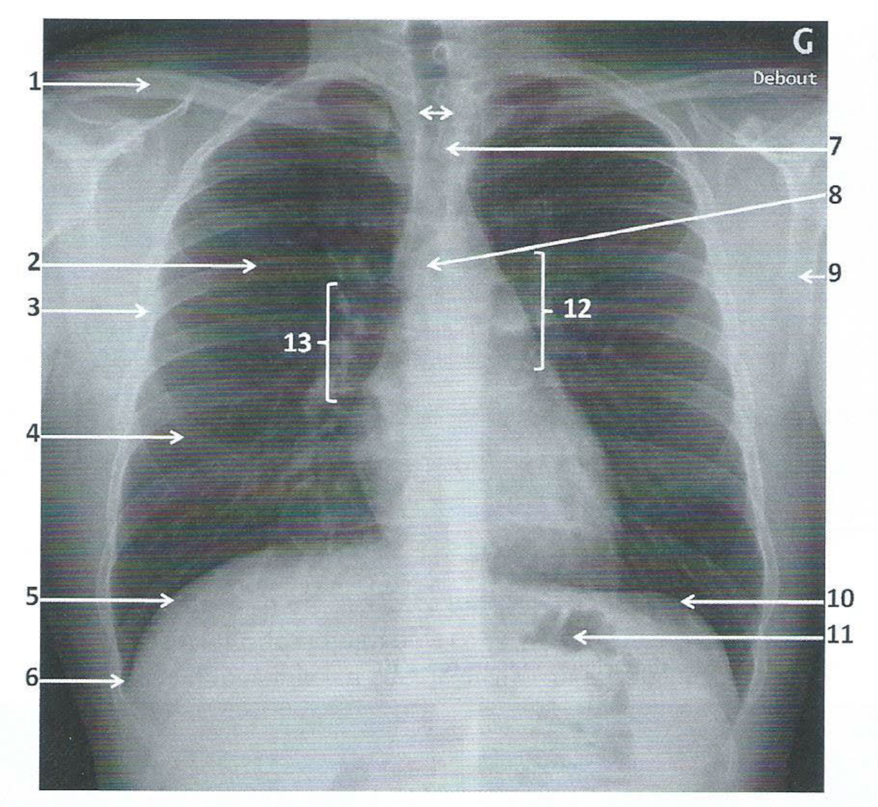


Figure 49 - Radiographie de thorax de face

1) clavicule droite ; 2) arc postérieur de la cinquième côte droite ; 3) arc moyen de la cinquième côte droite ; 4) arc antérieur de la cinquième côte droite ; 5) coupole diaphragmatique droite ; 6) récessus pleural inférieur droit ; 7) processus épineux de T3 ; 8) carène ; 9) écaille de la scapula gauche ; 10) coupole diaphragmatique gauche ; 11) poche à air gastrique ; 12) hile gauche ; 13) hile droit ; double flèche : trachée.

Figure 50 - Bords médiastinaux normaux

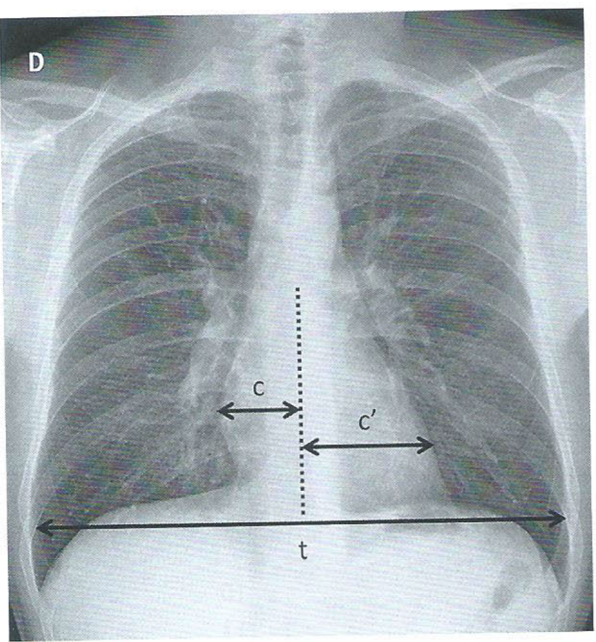
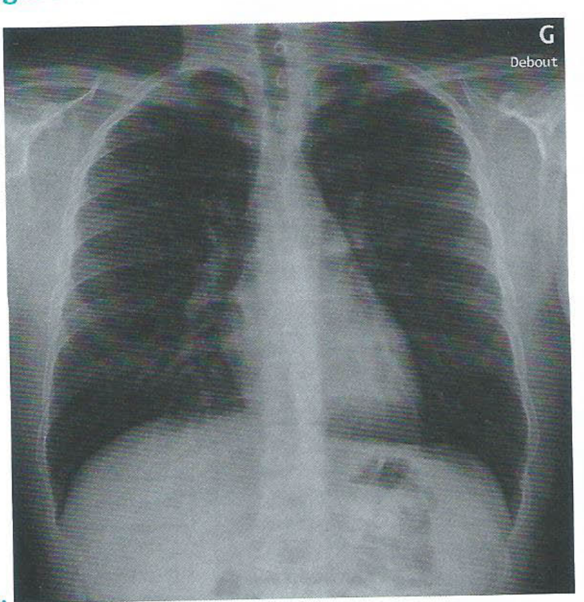
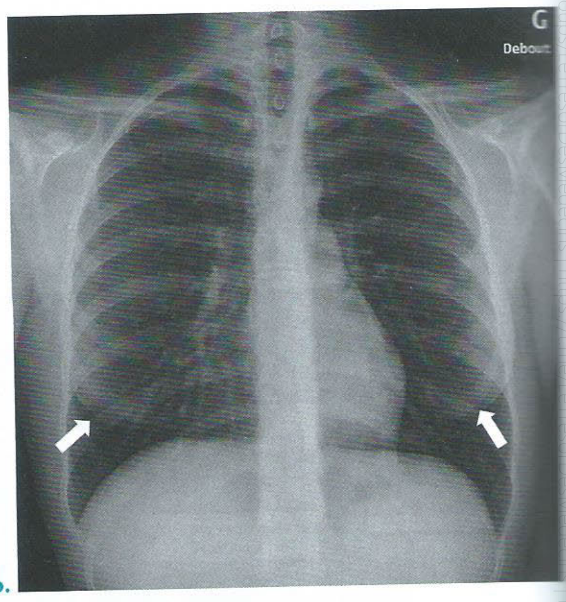


Figure 51 - **Calcul de l'index cardio-thoracique : rapport (c + c')/t**



a.



b.

Figure 52 - **Radiographies de thorax normales**
a. chez un homme : critères de qualité remplis, pas d'anomalie du cadre osseux, des parties molles, du médiastin ni du parenchyme ; **b.** chez une femme (ombres mammaires indiquées par les flèches)

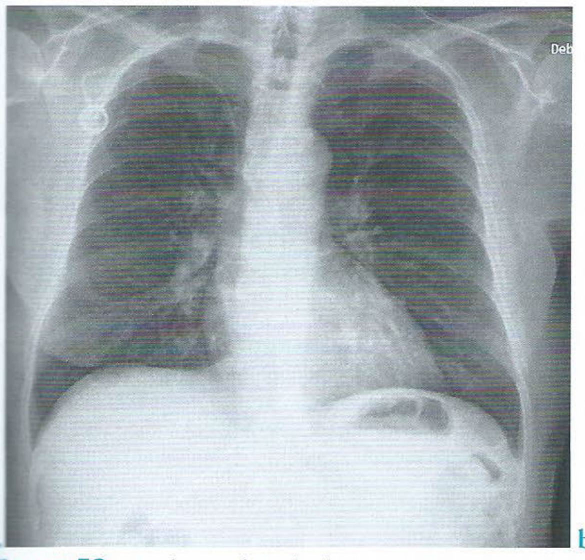
Le tableau suivant résume l'analyse systématique de la radiographie de thorax de face.

1. Éléments administratifs	Identité du patient, âge et sexe, date de réalisation
2. Critères de qualité de la radiographie	Symétrie, pénétration, réalisation debout et en inspiration, champ d'exploration complet
3. Analyse du cliché : Étape par étape	
Cadre osseux	▸ Trait de fracture ▸ Lésion lytique ▸ Séquelles chirurgicales

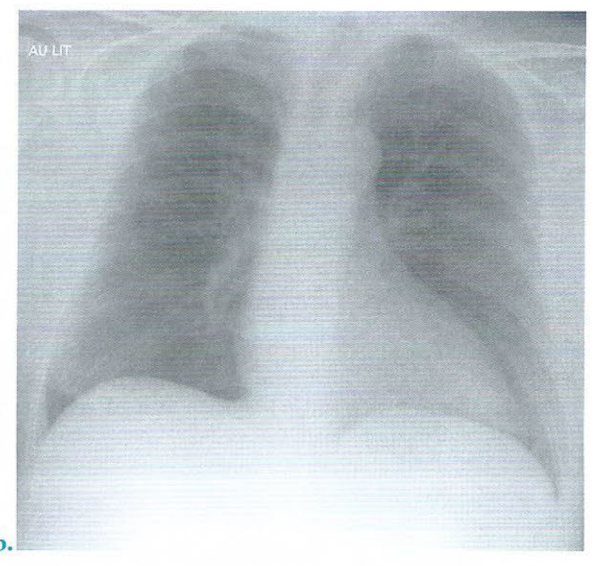
Parties molles et organes extrathoraciques	‣ Diaphragme et organes sous-diaphragmatiques : effacement d'une coupole, pneumopéritoine ‣ Creux axillaires et cou : emphysème sous-cutané, côtes cervicales ‣ Ombres mammaires chez la femme : asymétrie
Plèvre	‣ Épanchement liquidien ou gazeux ‣ Épaississement et calcifications
Médiastin	‣ Déformation des bords médiastinaux ‣ Opacité ou hyperclarté, niveau hydroaérique ‣ Cardiomégalie ‣ Déviation de la silhouette médiastinale ‣ Anomalie trachéale
Parenchyme	‣ Opacités : nodules, syndrome alvéolaire, syndrome bronchique, syndrome interstitiel ‣ Hyperclartés : localisées ou diffuses

1.2.2 Radiographie de thorax couché

Elle est le plus souvent réalisée en urgence avec un appareil mobile. Les clichés sont de qualité bien inférieure à ceux réalisés en salle de radiographie conventionnelle. La position couchée rend l'analyse de la silhouette cardiaque impossible (en effet le médiastin est « étalé » contre le rachis).



a.



b.

Figure 53 - Radiographies de thorax
a. debout ; **b.** couché pour le même patient (disparition de la poche à air gastrique). Noter l'élargissement artificiel de la silhouette cardiaque sur le deuxième cliché.

1.2.3 Radiographie de thorax de profil

C'est une incidence réalisée pour compléter des informations obtenues sur l'incidence de face (notamment pour préciser la localisation d'une anomalie dans le plan antéropostérieur). Elle permet également de dégager les espaces clairs rétrocardiaque et rétrosternal, mal vus sur le cliché de face.

Réalisation

La radiographie de profil est réalisée **debout**, **en inspiration** forcée, en général face latérale gauche contre le détecteur : on l'appelle donc profil « gauche ». Les bras sont levés au-dessus de la tête.

Pour aller plus loin

Pourquoi le cliché est-il réalisé en profil gauche ?

De la même façon que le cliché de face est réalisé en postéroantérieur, le cliché de profil gauche permet que le cœur soit au plus près du détecteur pour limiter son agrandissement. Ainsi, moins de structure sont cachées par l'ombre cardiaque.

Interprétation d'une radiographie de thorax de profil

Elle s'effectue en plusieurs étapes.

Étape 1 : identité du patient et date

Mêmes remarques que pour la radiographie de thorax de face *(voir page 118)*.

Étape 2 : critères de qualité de la radiographie

- Absence de rotation du thorax : sternum vu strictement de profil.
- Réalisation en inspiration profonde : bonne visibilité des récessus pleuraux postérieurs.
- Pénétration des rayons X suffisante : sans surexposition (bonne visibilité des vaisseaux pulmonaires dans l'espace rétrocardiaque) ni sous-exposition (visibilité des gros vaisseaux pulmonaires à travers le cœur).
- Absence de projection surajoutée sur le champ pulmonaire, notamment des bras.
- Champ d'exploration complet : les apex comme les récessus pleuraux doivent être visibles.

Étape 3 : analyse du cliché

Zone anatomique observée	Ce qu'il faut vérifier
Cadre osseux	Intégrité : ‣ du rachis : corps vertébraux de hauteur et de densité homogène ; ‣ du sternum, des côtes et des scapulas.
Parties molles et organes extra-thoraciques	Diaphragme : normalement, on distingue facilement les deux coupoles diaphragmatiques. La coupole diaphragmatique droite est plus haute que la coupole diaphragmatique gauche (en raison de la présence du foie). Elle est visible depuis la paroi thoracique antérieure jusqu'au récessus pleural postérieur, tandis que la coupole diaphragmatique gauche n'est individualisable que du bord postérieur de la silhouette cardiaque jusqu'au récessus pleural postérieur. Organes sous-diaphragmatiques : absence d'opacité ou d'hyperclarté surajoutée.
Plèvre	Récessus pleuraux inférieurs profonds non comblés. Scissures normales visibles sous forme de fines opacités linéaires *(voir leur orientation sur la figure 54)*.
Médiastin	Vérifier la position et la forme du cœur et de l'aorte *(voir figure 56 page 126)*. Suivi de la clarté trachéale sans déviation ni compression. Absence d'opacité surajoutée.
Espaces clairs	Vérifier leur transparence et leur taille : ‣ foramens de conjugaison ; ‣ espace rétrosternal : correspond à la superposition des segments antérieurs des lobes supérieurs ; ‣ espace rétrocardiaque : correspond à la superposition des segments postérieurs des lobes inférieurs.

IMPORTANT

Segmentation du médiastin sur la radiographie de profil (voir figure 50)

Le médiastin est divisé d'avant en arrière en trois compartiments. Une opacité médiastinale sera localisée dans un de ces compartiments. En fonction de cette localisation, la gamme diagnostique sera adaptée puisque certaines lésions ont un siège préférentiel dans le médiastin.

Il existe plusieurs segmentations, dont les limites varient légèrement. La suivante est une des plus courantes :

- **médiastin antérieur** : limité en arrière par le bord antérieur de la trachée et le bord postérieur du cœur. Il contient le thymus, le cœur et l'aorte ascendante, des vaisseaux lymphatiques ;
- **médiastin moyen** : limité en avant par le bord antérieur de la trachée et le bord postérieur du cœur, en arrière par le mur vertébral antérieur. Il contient la trachée, l'œsophage, les vaisseaux pulmonaires, l'aorte descendante, des vaisseaux lymphatiques ;
- **médiastin postérieur** : limité en avant par le mur vertébral antérieur (cette ligne varie de quelques centimètres en avant ou en arrière selon les descriptions). Il contient les gouttières costo-vertébrales, la chaîne nerveuse sympathique, des vaisseaux lymphatiques.

À cette segmentation antéropostérieure, on peut ajouter un étage supérieur (au-dessus de la crosse aortique), un étage inférieur (en dessous de la carène) et un étage moyen (entre le bord supérieur de la crosse aortique et la carène).

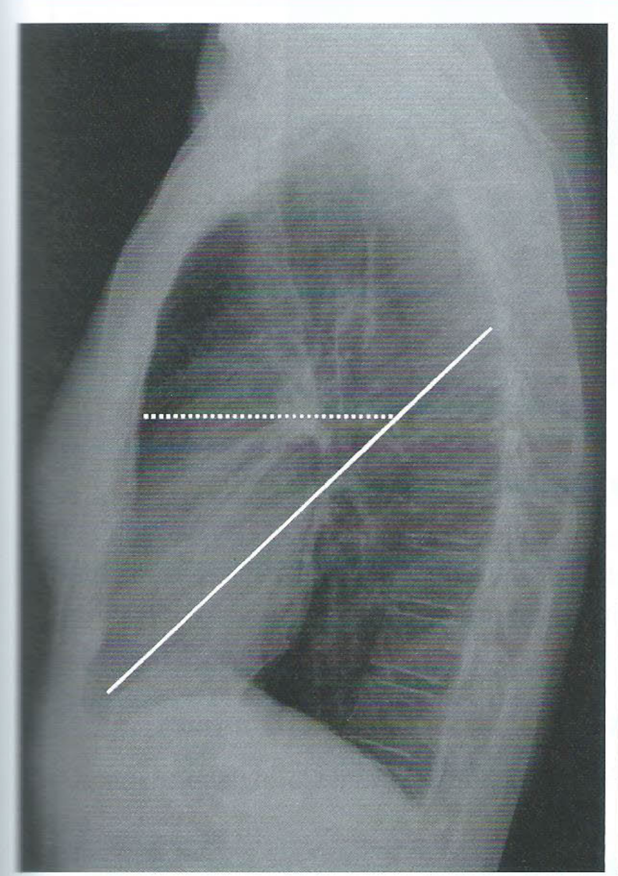


Figure 54 - Orientation des scissures sur la radiographie de profil : scissures obliques (grandes scissures) en trait plein, scissure horizontale (petite scissure) en trait pointillé

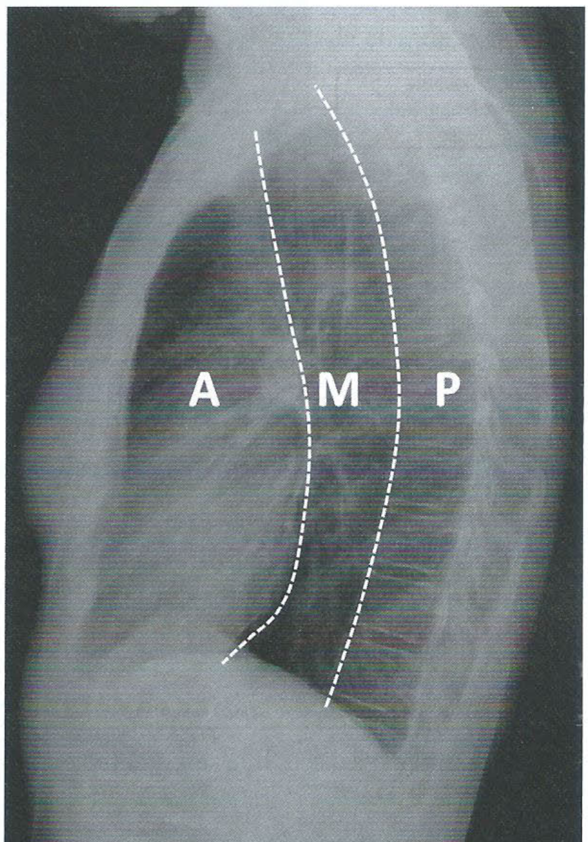


Figure 55 - Segmentation médiastinale sur une radiographie de thorax de profil
A) médiastin antérieur ; M) médiastin moyen ; P) médiastin postérieur

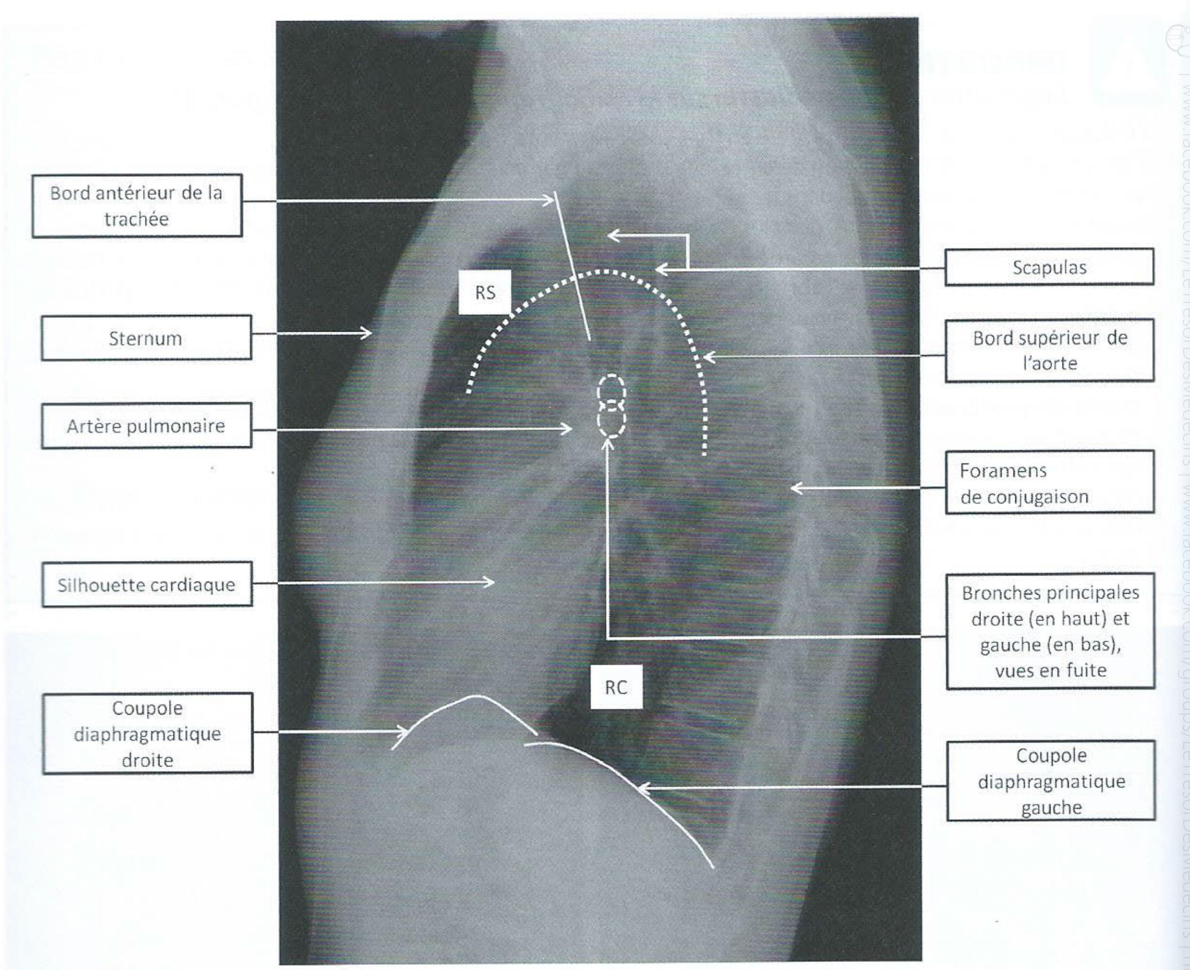


Figure 56 - Structures à repérer sur la radiographie de thorax de profil
RS : espace clair rétrosternal ; RC : espace clair rétrocardiaque

1.2.4 Radiographie de thorax de face en expiration

Elle est réalisée principalement dans deux circonstances :

- pour rechercher un **pneumothorax de faible abondance**, invisible sur le cliché en inspiration ;
- pour évaluer la **mobilité des coupoles diaphragmatiques**, par comparaison avec le cliché en inspiration (suspicion de paralysie du nerf phrénique).

1.2.5 Radiographie de thorax en décubitus latéral avec rayons horizontaux

Elle est rarement réalisée. Elle sert à détecter un **épanchement pleural de faible abondance**.

2 Radiographies ostéo-articulaires

Les radiographies ostéo-articulaires sont couramment pratiquées pour les pathologies traumatiques et rhumatologiques. Elles concernent différentes parties du corps : le bassin, la hanche, le genou, la cheville, le pied, l'épaule, le coude, le poignet, la main et le rachis.

2.1 Interprétation d'une radiographie ostéoarticulaire

Il est nécessaire de connaître les critères de qualité principaux pour chaque examen, et de procéder selon un plan d'analyse systématique.

2.1.1 Étape 1 : critères administratifs

- **Vérifier** que l'**identité du patient** correspond bien au dossier en cours d'analyse.
- **Noter l'âge et le sexe**, qui pourront servir pour l'analyse ultérieure.
- **Vérifier également la date de la radiographie** pour ne pas interpréter une radiographie datant d'il y a plusieurs semaines ou années !
- Pour les articulations et les os pairs, **vérifier le côté.**

2.1.2 Étape 2 : critères de qualité radiologique

- **Centrage** : région d'intérêt au centre du cliché, structures d'intérêt visibles en entier (non coupées), inclusion des articulations sus- et sous-jacentes pour les os longs.
- **Incidence** : respect de l'incidence demandée (critères variables en fonction de chaque examen).
- **Netteté de l'image et contraste** suffisant.
- **Absence de superposition** de corps étranger.

2.1.3 Étape 3 : analyse du cliché lui-même

Chaque incidence a des points d'analyse propres, mais voici les éléments généraux à lister :
- **suivi des corticales osseuses** : rupture, apposition périostées... ;
- **vérification des interlignes articulaires** : pincement, élargissement, disparition... ;
- **recherche d'une anomalie de densité intraosseuse** : lacune, condensation... ;
- **analyse des parties molles** : épaississement, déplacement de liserés graisseux, calcifications...

En pathologie rhumatologique, les clichés des articulations pairs sont **comparatifs**.

La suite du chapitre liste les principales incidences réalisées, avec les indications, les modes de réalisations, les critères de qualité (lorsqu'ils sont précis, dans tous les cas ils s'ajoutent aux critères de qualité généraux décrits ci-dessus), et les principaux éléments à vérifier.

2.2 Incidences

2.2.1 Bassin

Une seule incidence est utilisée pour le bassin : le cliché de face.

Indication	Pathologie rhumatologique (étude des articulations coxo-fémorales, des articulations sacro-iliaques, de la symphyse pubienne) et traumatique.
Réalisation	En décubitus dorsal, pieds en rotation médiale de 15 à 20°.
Critères de qualité	Symétrie des foramens obturés et des crêtes iliaques, alignement des processus épineux lombaires avec la symphyse pubienne.
	Dégagement des cols fémoraux (grâce à la rotation médiale des pieds) et bonne visibilité des grands trochanters en position latérale.

Éléments à vérifier	Continuité de l'anneau pelvien central.
	Continuité des foramens obturés.
	Symétrie des interlignes des articulations sacro-iliaques, absence de condensation sous-chondrale.
	Alignement des bords supérieurs de la symphyse pubienne, et interligne articulaire inférieur à 5 mm ; absence de dépôt calcique de la symphyse.
	Symétrie des foramens sacrés.
	Continuité des cols fémoraux, sans décroché cortical ni zone de sclérose transversale, respect de la trabéculation normale.
	Symétrie des régions acétabulaires.
	Conservation des interlignes articulaires coxo-fémoraux, absence d'autres signes d'arthrose.

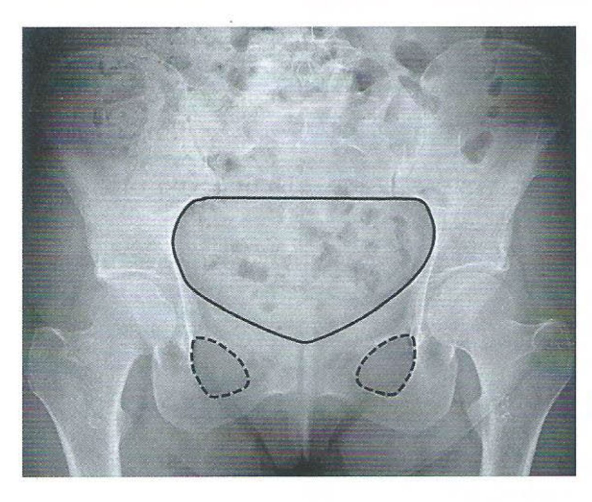


Figure 57 - Radiographie du bassin de face
En trait plein, l'anneau pelvien central ; en traits pointillés, les foramens obturés

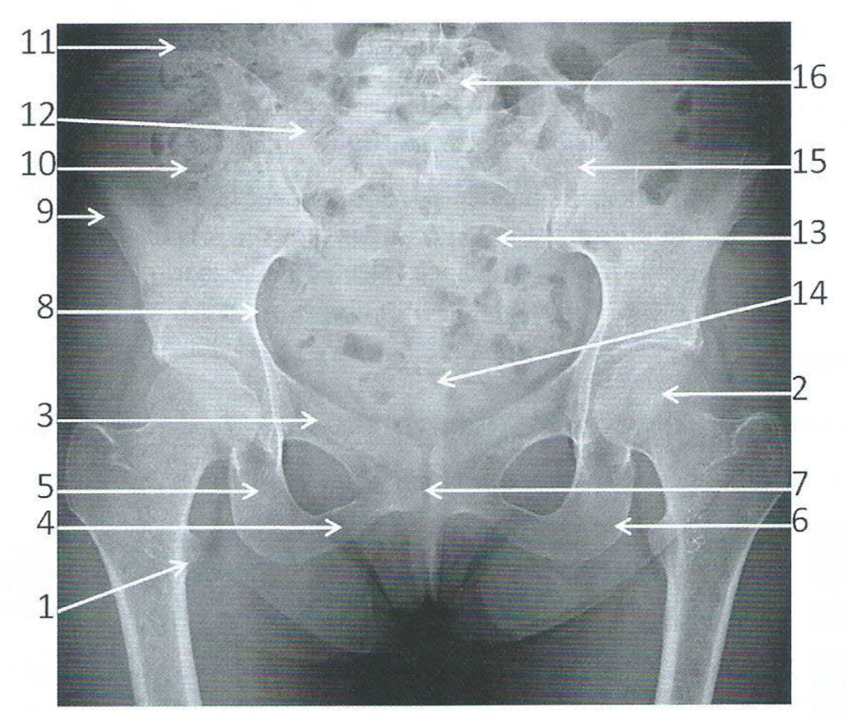


Figure 58 - Radiographie du bassin de face
1) petit trochanter droit ; 2) tête fémorale gauche ; 3) branche supérieure droite du pubis ; 4) branche inférieure droite du pubis ; 5) branche de l'ischium droit ; 6) tubérosité ischiatique gauche ; 7) symphyse pubienne ; 8) ligne arquée droite ; 9) épine iliaque antéro-inférieure droite ; 10) ilium de l'os coxal droit ; 11) crête iliaque droite ; 12) sacrum ; 13) foramen sacré gauche ; 14) coccyx ; 15) interligne articulaire sacro-iliaque gauche ; 16) corps vertébral de L5

2.2 Hanche

Incidence de face

Indication	Pathologie rhumatologique et traumatique.
Réalisation	En décubitus dorsal, extension du membre inférieur et pied en rotation médiale de 15 à 20°.
Critères de qualité	Dégagement du col fémoral (grâce à la rotation médiale du pied). Superposition du petit trochanter et de la corticale médiale de la diaphyse fémorale (petit trochanter « barré »).
Éléments à vérifier	Continuité corticale du col fémoral, sans décroché cortical ni zone de sclérose transversale, respect de la trabéculation cervicale normale. Continuité corticale des trochanters, de l'acétabulum, des branches du pubis et de l'ischium. Respect de l'interligne coxo-fémoral, absence d'autres signes d'arthrose. Sphéricité conservée de la tête fémorale. Coxométrie normale *(voir « Coxarthrose » page 360).*

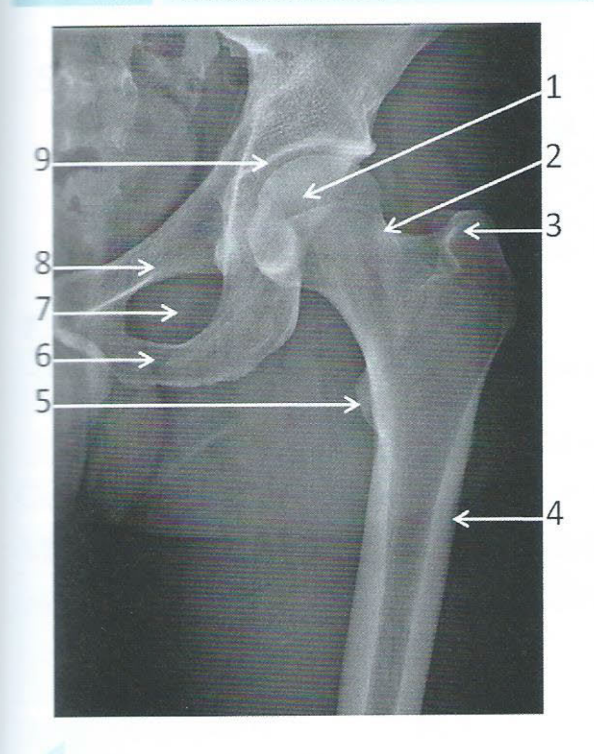


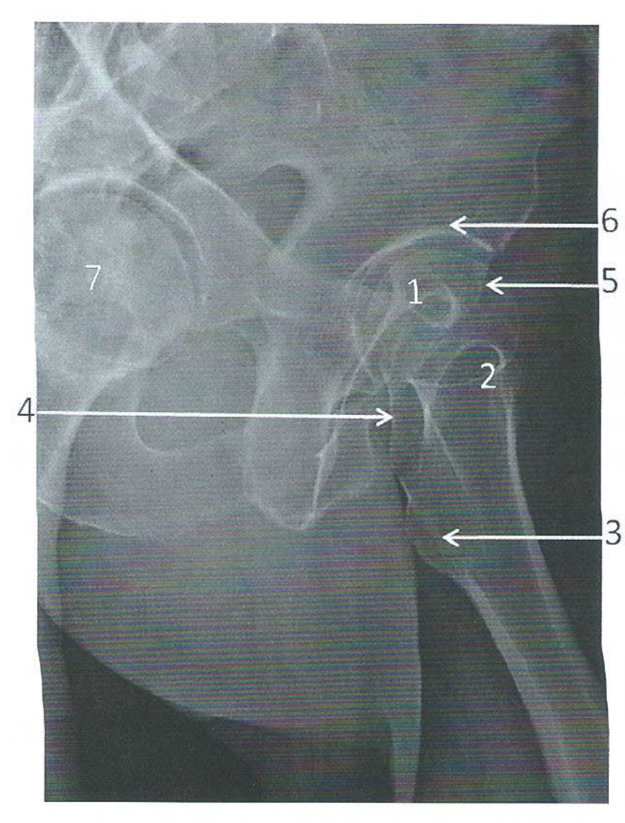
Figure 59 - Radiographie de hanche gauche de face
1) tête fémorale ; 2) col fémoral ; 3) grand trochanter ; 4) diaphyse fémorale ; 5) petit trochanter ; 6) branche inferieure du pubis ; 7) foramen obturé ; 8) branche supérieure du pubis ; 9) cavité acétabulaire

Incidences de profil

Il en existe de multiples. Les deux incidences les plus utilisées sont les suivantes.

Faux profil de Lequesne

Indication	Pathologie rhumatologique dégénérative (analyse de l'interligne coxo-fémoral).
Réalisation	Patient debout, positionné selon la figure 60 page suivante.
Critères de qualité	Les deux têtes fémorales ne sont pas superposées. L'équivalent du diamètre d'une tête fémorale sépare les deux fémorales.
Éléments à vérifier	Gradient coxo-fémoral : l'épaisseur de l'interligne coxo-fémoral est plus importante en haut et en avant qu'en bas et en arrière. La disparition du gradient coxo-fémoral est un signe précoce d'arthrose. Absence d'autres signes d'arthrose : pas de géodes ni d'ostéocondensation sous-chondrale, pas d'ostéophytes latéraux. Coxométrie normale *(voir « Coxarthrose » page 360).*



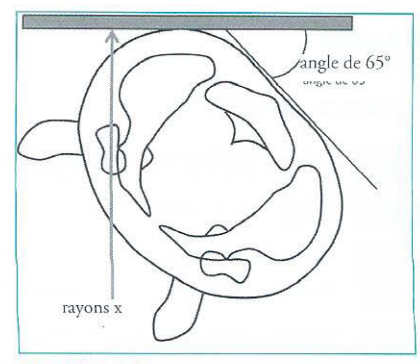


Figure 60 - Réalisation d'un faux profil de Lequesne

Figure 61 - Radiographie de faux profil de Lequesne de la hanche gauche
1) tête fémorale gauche ; 2) grand trochanter ; 3) petit trochanter ; 4) col fémoral ; 5) bord antérieur de l'acétabulum ; 6) toit de l'acétabulum ; 7) tête fémorale droite.

Profil chirurgical d'Arcelin

Indication	Pathologie traumatique (recherche de fracture du col du fémur). Cette incidence étudie exclusivement le col fémoral.
Réalisation	Patient en décubitus dorsal, cuisse opposée fléchie sur le bassin *(voir figure 62).*
Critère de qualité	Dégagement complet du col fémoral.
Éléments à vérifier	Continuité corticale du col fémoral, sans décroché cortical ni zone de sclérose transversale.
	Respect de la trabéculation cervicale normale.

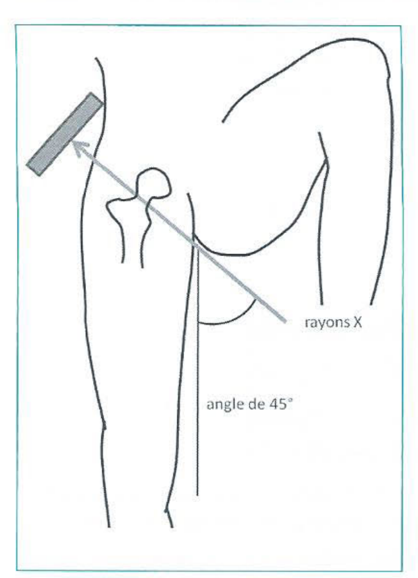


Figure 62 - Réalisation d'un profil chirurgical d'Arcelin

Figure 63 - Radiographie de profil chirurgical de hanche gauche
1) tête fémorale ; 2) col fémoral ; 3) grand trochanter ; 4) diaphyse fémorale ; 5) petit trochanter ; 6) ischium ; 7) acetabulum ; 8) ilium de l'os coxal ; 9) épine iliaque antéro-inférieure.

2.2.3 Genou

Incidences de face

Incidence de face en extension

C'est l'incidence de face « standard ».

Indication	Pathologie rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient de face, genoux en extension complète. La station debout est nécessaire pour l'étude de l'interligne articulaire fémoro-tibial. Le cliché peut être réalisé à défaut couché en cas de pathologie traumatique avec station debout impossible. On réalise le cliché de chaque genou séparément.
Critères de qualité	Symétrie des bords axiaux des condyles fémoraux.
	Tibia recouvrant partiellement la fibula.
	Tubercules intercondylaires (épines tibiales) projetés au centre de la fosse intercondylaire.
Éléments à vérifier	Continuité corticale des condyles (plateaux) tibiaux, des condyles fémoraux, de l'extrémité supérieure de la fibula, et absence de ligne claire ou de liseré de condensation.
	Intégrités des tubercules intercondylaires (épines tibiales).
	Conservation de l'interligne fémoro-tibial (supérieur à 4,5 mm). L'interligne fémoro-tibial médial est discrètement plus fin que l'interligne fémoro-tibial latéral. Il faut apprécier également la symétrie des interlignes d'un côté par rapport à l'autre.
	Absence d'autres signes d'arthrose (ostéophytes, ostéocondensation sous-chondrale, géodes).
	Absence de dépôts calciques de l'interligne fémoro-tibial.

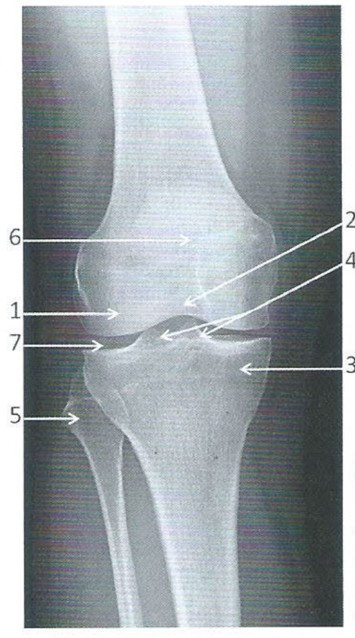


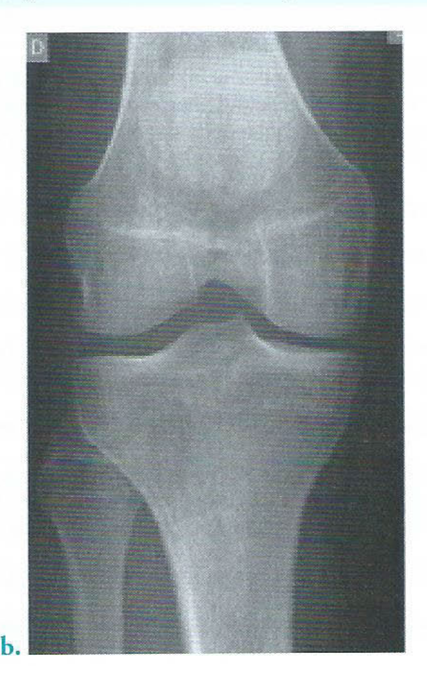
Figure 64 - Radiographie du genou droit de face
1) condyle fémoral latéral ; 2) fosse (échancrure) intercondylienne ; 3) condyle (plateau) tibial médial. Noter que la surface articulaire du condyle tibial médial est concave, tandis que celle du condyle tibial latéral est plate, voire convexe ; 4) tubercules intercondylaires (épines tibiales) ; 5) extrémité supérieure de la fibula ; 6) patella ; 7) interligne fémoro-tibial latéral.

Incidence de face « en schuss »

Elle complète l'incidence de face « standard ».

Indication	Pathologie rhumatologique, afin de dégager la partie postérieure de l'interligne fémoro-tibial (gonarthrose débutante), la partie postérieure des condyles fémoraux (siège des premiers signes d'ostéonécrose) et la partie médiane des condyles fémoraux (siège des premiers signes d'ostéochondrite).
Réalisation	Debout de face, en charge, avec une flexion de 30°, un genou après l'autre.
Critère de qualités	Mêmes critères de symétrie que pour le cliché de face.
Éléments à vérifier	Conservation de l'interligne fémoro-tibial.
	Intégrité des condyles fémoraux.
	Absence de corps étranger dans la fosse intercondylienne.

a.



b.

Figure 65 - Radiographies du genou droit de face (même patient)
a) en extension ; b) en schuss. L'interligne fémoro-patellaire et la fosse intercondylienne apparaissent plus larges. Les parties postérieures des condyles fémoraux sont dégagés.

Incidence de profil

Indications	Pathologie rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient en décubitus dorsal de préférence (plus reproductible qu'en position debout), genou à 30° de flexion. Le rayon directeur est incliné de 10° dans la direction cranio-caudale afin de mieux enfiler l'interligne fémoro-tibial.
Critères de qualité	Dégagement de l'interligne articulaire fémoro-tibial. Bords postéro-inférieurs des condyles fémoraux décalés *(voir figure 66)*.
Éléments à vérifier	Absence de solution de continuité corticale des condyles fémoraux et tibiaux, et de la patella. Absence d'épanchement intra-articulaire. Patella de hauteur normale (distance séparant la tubérosité tibiale antérieure du pôle inférieur de la patella ne dépassant pas de plus de 20 % la hauteur de la patella). Conservation des interlignes fémoro-tibiaux et fémoro-patellaire, absence d'autres signes d'arthrose.

IMPORTANT
Épanchement articulaire du genou

Un signe indirect est visible sur la radiographie du genou de profil :
- opacité ovalaire en arrière du tendon quadricipital (hémarthrose) ;
- ou lipohémarthrose visible sous forme d'un niveau graisse-liquide en arrière du tendon quadricipital (si la radiographie est réalisée avec un rayon horizontal).

Figure 66 - Radiographie du genou gauche de profil
Superposition des condyles fémoraux médial (trait pointillé) et latéral (trait plein).

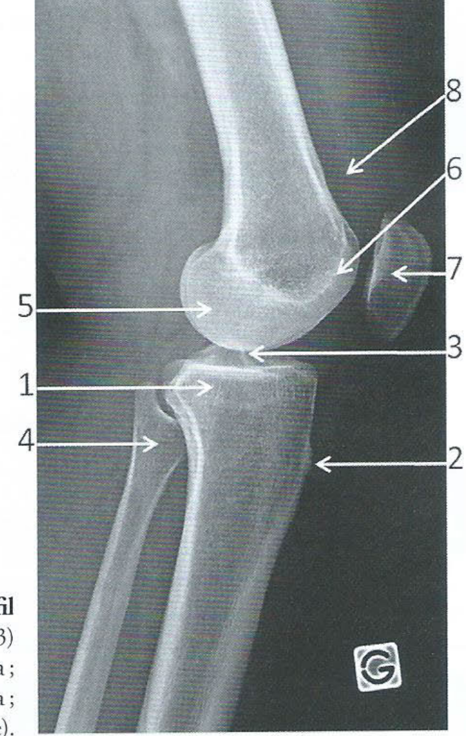


Figure 67 - Radiographie du genou gauche de profil
1) condyles tibiaux (plateaux) superposés ; 2) tubérosité tibiale antérieure ; 3) tubercules intercondyliens (épines tibiales) ; 4) extrémité supérieure de la fibula ; 5) condyles fémoraux (superposés) ; 6) fond de la trochlée fémorale ; 7) patella ; 8) graisse rétroquadricipitale (site de visibilité d'une hémarthrose éventuelle).

Pour aller plus loin

Deux pièges de la radiographie du genou

- **Fabella** *(figure 68 page suivante)* : os surnuméraire se projetant en regard du condyle fémoral latéral sur une radiographie de face, en arrière des condyles fémoraux sur une radiographie de profil, à ne pas confondre avec un fragment fracturaire.
- **Patella bipartite :** défaut de fusion des noyaux d'ossification de la patella, avec présence d'un petit noyau non fusionné, corticalisé (cerné d'une corticale osseuse continue), situé dans le quadrant supérolatéral de la patella. Plus rarement, il existe des patella tripartites.

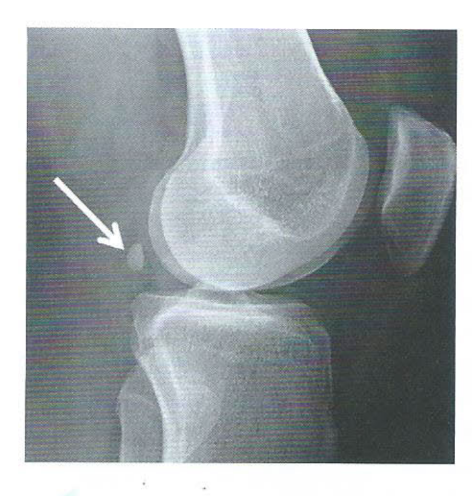


Figure 68 - Radiographie du genou gauche de profil
Fabella (flèche)

Incidence fémoro-patellaire

Indications	Pathologies rhumatologique (dysplasie trochléenne, arthrose fémoro-patellaire), traumatique (luxation de la patella, suspicion de fracture de la patella avec clichés de face et de profil douteux).
Réalisation	En décubitus dorsal, genou en flexion de 30 ou 60° (rarement 90°) *(voir figure 69)*.
Éléments à vérifier	Continuité corticale de la patella et de la trochlée fémorale. Position de la patella centrée sur la gorge trochléenne (discrète bascule latérale physiologique possible). Angle trochléen *(voir figure 70)* inférieur à 150° (incidence fémoro-patellaire à 30° de flexion). Conservation de l'interligne fémoro-patellaire (comparaison avec le côté controlatéral), absence d'autres signes d'arthrose.

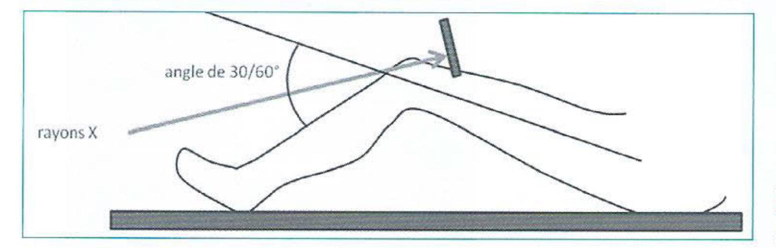


Figure 69 - Réalisation d'une incidence fémoro-patellaire

IMPORTANT
Variantes anatomiques

La trochlée et la patella sont des formes physiologiquement variables. La facette latérale reste cependant habituellement la plus développée.

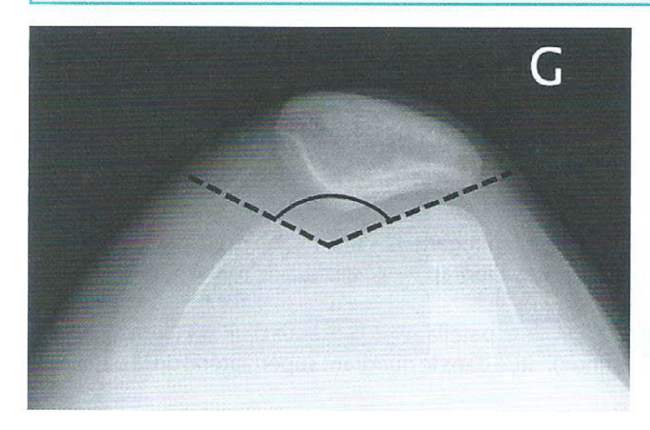
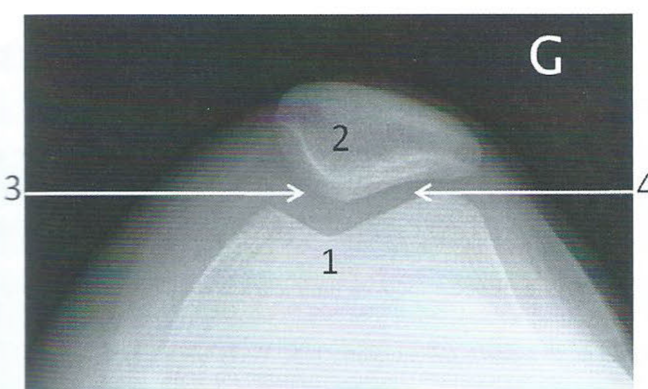


Figure 70 - Radiographie du genou gauche
Incidence fémoro-patellaire à 30° de flexion. Représentation de l'angle trochléen.



1. trochlée fémorale ;
2. patella ;
3. interligne fémoro-patellaire médial ;
4. interligne fémoro-patellaire latéral.

Figure 71 - Radiographie du genou gauche : incidence fémoro-patellaire à 30° de flexion

Autres incidences

D'autres incidences sont parfois réalisées en pathologie traumatique, en particulier les clichés de trois quarts droit et gauche (obliques) afin de rechercher des fractures des condyles tibiaux insuffisamment dégagées sur les incidences de face et de profil.

2.2.4 Cheville

Incidence de face en rotation médiale

C'est l'incidence de face la plus souvent réalisée.

Indication	Pathologie rhumatologique et surtout traumatique.
Réalisation	En décubitus dorsal, de face, pied en rotation médiale de 20° afin d'éviter une superposition excessive de la fibula et du talus.
Critères de qualité	Dégagement de l'interligne tibio-talien.
	Recouvrement tibio-fibulaire distal.
Éléments à vérifier	Intégrité des malléoles médiale et latérale, sans décroché cortical, ni arrachement osseux à proximité.
	Intégrité du dôme talien (de surface régulière) et du processus latéral du talus.
	Absence de diastasis tibio-talien : mesuré 10 mm à l'aplomb de l'interligne tibio-talien (au-dessus), la distance séparant tibia et fibula ne doit pas excéder 6 mm.
	Absence d'épaississement des parties molles
	Régularité de l'interligne tibio-talien sur toute sa longueur.

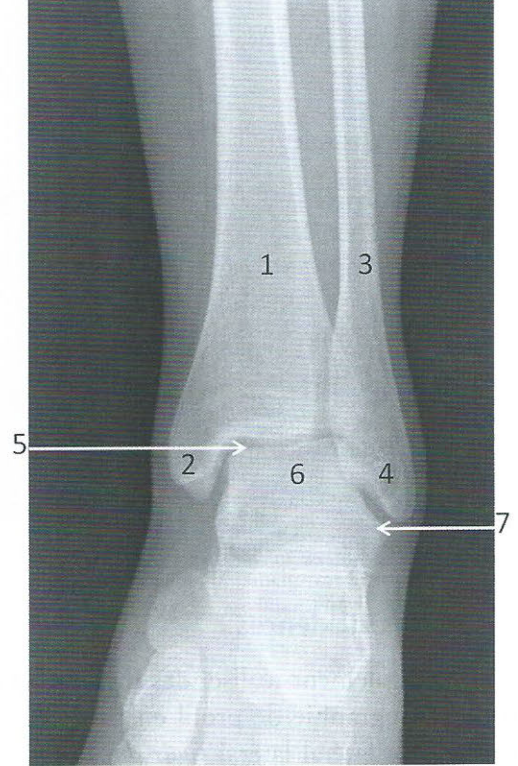


Figure 72 - Radiographie de la cheville gauche de face
1) Extrémité inférieure du tibia ; 2) malléole médiale ; 3) extrémité inférieure de la fibula ; 4) malléole latérale ; 5) interligne tibio-talien ; 6) dôme talien ; 7) processus latéral du talus.

Incidence de profil

Indication	Pathologies rhumatologique et surtout traumatique.
Réalisation	En décubitus latéral sur le côté à examiner, membre inférieur examiné en extension avec pied en flexion à 90°, reposant sur son bord médial (membre inférieur du côté sain en flexion sur la cuisse).
Critères de qualité	Dégagement complet de l'interligne tibio-talien, sans superposition osseuse. Le bord supérieur du talus apparaît sous forme d'une ligne semi-circulaire non dédoublée. Individualisation de la malléole latérale et de la malléole médiale (la malléole latérale se projetant en dessous de la malléole médiale). Visibilité de l'os naviculaire et de la base du cinquième métatarsien. Visibilité de l'intégralité du calcanéus.
Éléments à vérifier	Intégrité des malléoles latérale et médiale, du pilon tibial, sans décroché cortical ni ligne claire intraosseuse. Intégrité du talus et du calcanéus. Intégrité de la base du cinquième métatarsien, de l'os naviculaire et du cuboïde. Absence d'épaississement des parties molles. Régularité des interlignes articulaires tibio-talien et sous-talien.

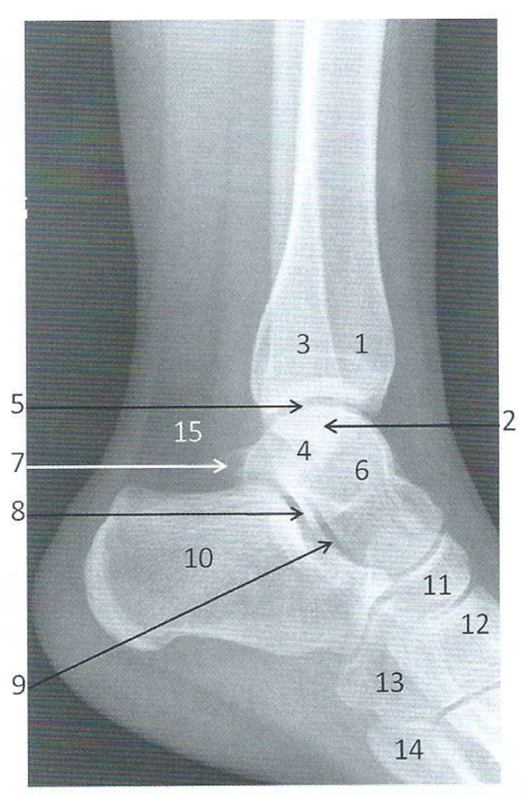


Figure 73 - Radiographie de la cheville droite de profil
1) extrémité inférieure du tibia ; 2) malléole médiale ; 3) extrémité inférieure de la fibula ; 4) malléole latérale ; 5) interligne tibio-talien ; 6) talus ; 7) processus postérieur du talus ; 8) processus latéral du talus ; 9) interligne sous-talien ; 10) calcanéus ; 11) naviculaire ; 12) cunéiformes ; 13) cuboïde ; 14) base du cinquième métatarsien ; 15) triangle de Kager (espace graisseux entre les muscles postérieurs de jambe et le tendon calcanéun).

Autres incidences

On peut également réaliser des **incidences dynamiques** de la cheville : radiographie de face varus forcé, radiographie de profil en tiroir antérieur forcé, afin de rechercher des entorses graves du ligament collatéral latéral *(voir dans le chapitre 21, « Traumatismes de cheville et de l'arrière-pied » page 415)*. Ces radiographies doivent être comparatives.

À la recherche de fracture du calcanéus, on peut pratiquer une **incidence axiale rétrotibiale** (patient debout, pied au sol en dorsiflexion maximale, rayon directeur à 45° dirigé sur le talon).

2.2.5 Pied

Incidence de face

Indication	Pathologies rhumatologique et traumatique.
Réalisation	En charge les pieds joints (au besoin une radiographie de deux pieds peut être réalisée en un temps).
Éléments à vérifier	Intégrité des corticales osseuses des os du tarse antérieur (naviculaire, cuboïde, cunéiformes), des métatarsiens et des phalanges. Intégrité de l'articulation tarso-métatarsienne (de Lisfranc), notamment alignement du bord médial de la base du deuxième métatarsien avec le bord médial du cunéiforme intermédiaire. Respect des autres interlignes articulaires du tarse antérieur, des interlignes métatarso-phalangiens et interphalangiens. Absence d'érosion épiphysaire des métatarsiens.

Incidence de trois quarts médiale (oblique médiale, déroulé du pied)

a.

b.

Figure 74 - Radiographies de pied droit de face (a) et de trois quarts (b)

1) calcanéus ; 2) talus ; 3) naviculaire ; 4) cunéiforme médial ; 5) cunéiforme intermédiaire ; 6) cunéiforme latéral ; 7) cuboïde ; 8) cinquième métatarsien ; 9) interligne tarso-métatarsien (de Lisfranc) ; 10) deuxième métatarsien ; 11, 12, 13) phalanges proximal, moyenne et distale du deuxième rayon.

Indication	Pathologies rhumatologique et traumatique. Cette incidence étudie l'ensemble du pied, en évitant les superpositions du tarse antérieur et des bases des métatarsiens.
Réalisation	Patient en décubitus dorsal, genou légèrement fléchi, pied en rotation médiale de 45°. Elle peut aussi être réalisée debout.
Éléments à vérifier	Intégrité des corticales osseuses des os du tarse antérieur, des métatarsiens et des phalanges. Intégrité de l'articulation tarso-métatarsienne (de Lisfranc), notamment alignement du bord médial de la base du troisième métatarsien avec le bord médial du cunéiforme latéral. Respect des autres interlignes articulaires du tarse antérieur et des interlignes métatarso-phalangiens. Absence d'érosion épiphysaire des métatarsiens.

Incidence de profil

Elle est réalisée en pathologie rhumatologique, en charge, pour les troubles statiques du pied. Le talus, le calcanéus et les os du tarse postérieur sont bien visibles. Les métatarsiens sont superposés et donc mieux vus en cliché de trois quarts. Différents angles peuvent être mesurés pour évaluer des déformations du pied.

2.2.6 Épaule

Incidences de face

Face en rotation neutre

Indication	Pathologie rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Assis ou debout de face, coude au corps fléchi à 90°, avant-bras en rotation neutre, en double obliquité : ‣ obliquité latérale : rotation oblique postérieure de 30 à 40° du tronc pour dégager l'interligne gléno-huméral ; ‣ obliquité cranio-caudale : inclinaison descendante de 20° du rayon pour dégager correctement l'espace sous-acromio-huméral.
Critères de qualité	Superposition des bords antérieur et postérieur de la glène. Dégagement de l'espace sous-acromio-huméral. Critères de rotation neutre : dégagement du tubercule majeur, dont le bord latéral est en continuité avec le bord latéral de la diaphyse humérale, tubercule mineur vu de face sous la forme d'une condensation partiellement ovalaire, sillon intertuberculaire en position paramédiane latérale.
Éléments à vérifier	Tête humérale centrée dans la glène. Régularité de la tête humérale sans encoche. Absence de décroché cortical de l'acromion, du processus coracoïde et de la clavicule. Alignement des corticales inférieures de la clavicule et de l'acromion. Espace acromio-huméral (sous acromial) supérieur ou égal à 10 mm. Régularité de l'interligne gléno-huméral et absence d'autres signes d'arthrose. Absence de calcification périarticulaire (notamment en regard du tendon du muscle supraépineux).

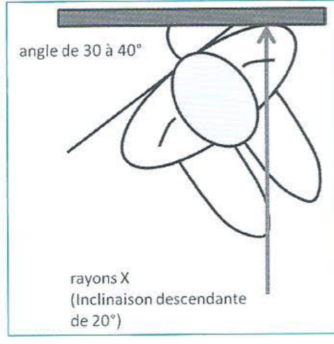


Figure 75 - Réalisation de l'incidence de face de l'épaule

Face en rotation latérale

Indication	Pathologie rhumatologique couplée à la rotation neutre et à la rotation médiale (recherche de calcification périarticulaire).
Réalisation	Idem que pour l'incidence de face en rotation neutre, mais avec une rotation latérale de 40° de l'avant bras.
Critères de qualité	*Idem* qu'en rotation neutre. Critères de rotation latérale : saillie du tubercule majeur en dehors du bord latéral de la diaphyse humérale.
Élément à vérifier	Absence de calcifications périarticulaires en regard des tendons de la coiffe des rotateurs.

Face en rotation médiale

Indication	Pathologie rhumatologique, couplée aux clichés de face en rotation neutre et latérale (recherche de calcification périarticulaire) et traumatique (bilan d'instabilité d'épaule : recherche d'encoche postérieure de la tête humérale).
Réalisation	*Idem* que pour l'incidence de face en rotation neutre, mais avec une rotation médiale de l'avant-bras (main sur le ventre ou derrière le dos).
Critères de qualité	*Idem* qu'en rotation neutre. Critères de rotation médiale : centre de la tête humérale prolongeant l'axe de la diaphyse, face postérieure du tubercule majeur prolongeant le bord latéral de la diaphyse humérale. Saillie du tubercule mineur, vu de profil, en dedans de la tête humérale.
Éléments à vérifier	Absence de calcifications périarticulaires en regard des tendons de la coiffe des rotateurs. Intégrité de la partie postérieure de la tête fémorale sans encoche.

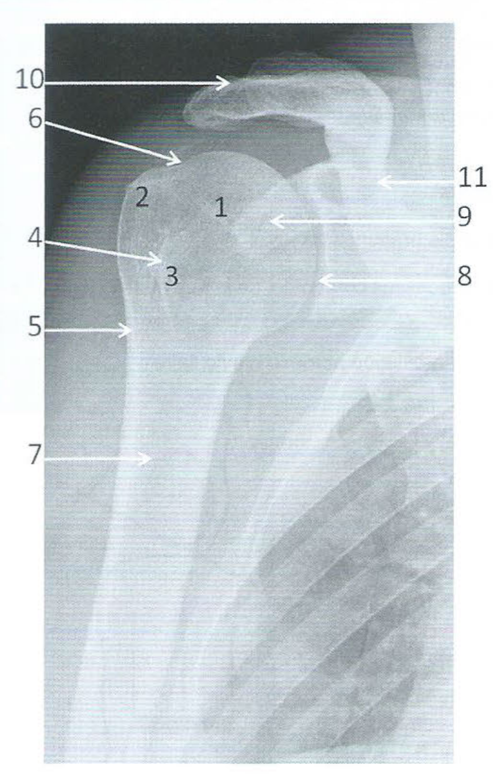


Figure 76 - Radiographie de l'épaule droite de face, rotation neutre
1) tête humérale ; 2) tubercule majeur ; 3) tubercule mineur ; 4) sillon intertuberculaire ; 5) col huméral chirurgical ; 6) col huméral anatomique ; 7) diaphyse humérale ; 8) glène ; 9) processus coracoïde ; 10) acromion ; 11) clavicule.

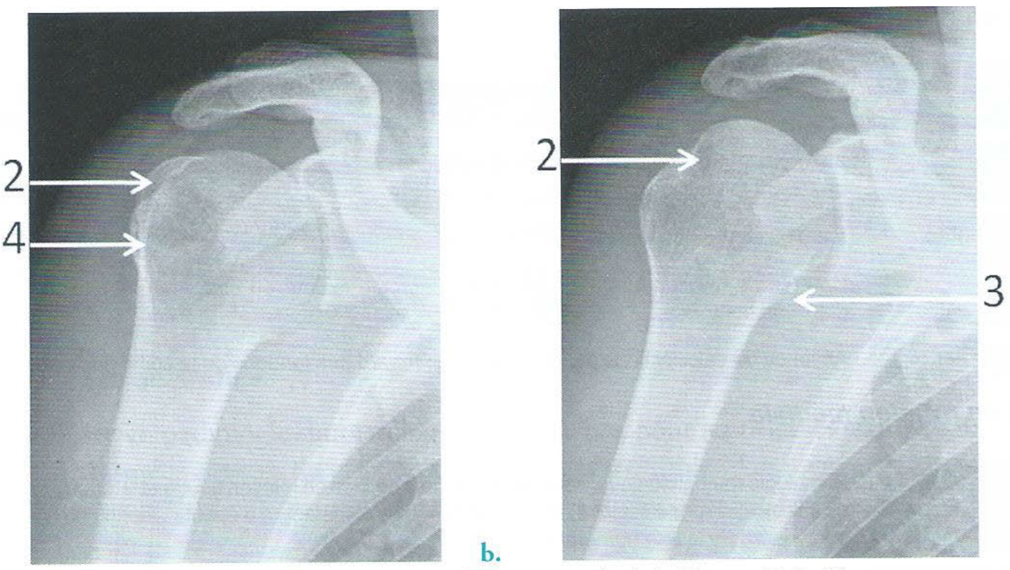


Figure 77 - Radiographies de l'épaule droite de face, rotation latérale (a) et médiale (b)
Mêmes légendes que l'incidence en rotation neutre : 2) tubercule majeur ; 3) tubercule mineur ; 4) sillon intertuberculaire.

Incidences de profil

Il existe de multiples incidences de profil d'épaule. Ici sont décrites les deux plus fréquemment utilisées.

Profil de Lamy (profil de coiffe)

Indication	Pathologie traumatique essentiellement (ne nécessite pas de mobilisation de l'épaule).
Réalisation	Patient debout ou assis, en oblique antérieur de 45°, coude fléchi à 90° légèrement déplacé en arrière. Le rayon, horizontal, est centré sur le moignon de l'épaule.
Critères de qualité	Scapula vue de profil strict, présentant une forme en « Y » (écaille de la scapula formant le pied, le processus coracoïde la branche antérieure, et l'épine de la scapula la branche postérieure).
	Scapula parfaitement dégagée du gril costal.
Éléments à vérifier	Tête humérale centrée à la jonction des trois branches du « Y ».
	Intégrité des corticales de l'acromion, du processus coracoïde, de la tête et de la diaphyse humérale, de l'écaille de la scapula.
	Alignement des corticales inférieures de l'articulation acromio-claviculaire ; absence de calcification périarticulaire.

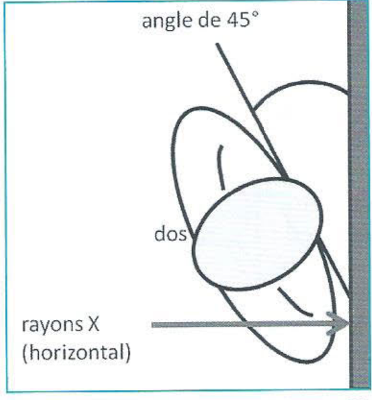


Figure 78 - Réalisation du profil de Lamy

Figure 79 - Radiographie de l'épaule gauche selon un profil de Lamy
1) tête humérale ; 2) processus coracoïde ; 3) épine de la scapula ; 4) acromion ; 5) clavicule ; 6) articulation acromio-claviculaire ; 7) écaille de la scapula ; 8) diaphyse humérale.

Profil de Bernageau (glénoïdien)

Indication	Bilan des instabilités d'épaule (analyse du rebord glénoïdien antérieur) ; il nécessite une bonne mobilité de l'épaule.
Réalisation	Le bras est placé en élévation (abduction de 170°), la main placée éventuellement derrière la tête. Le rayon directeur est descendant d'environ 30° et centré sur la base du moignon de l'épaule.
Éléments à vérifier	Intégrité du rebord glénoïdien antérieur.

Figure 80 - Réalisation du profil de Bernageau (glénoïdien)

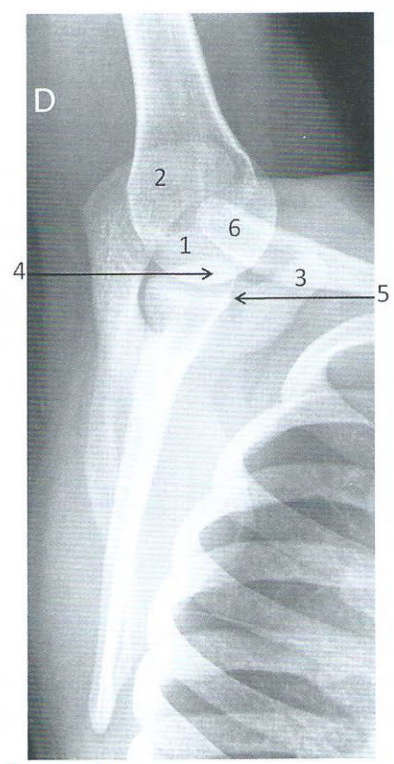


Figure 81 - Radiographie de profil glénoïdien de l'épaule droite
1) tête humérale ; 2) acromion ; 3) processus coracoïde ; 4) rebord glénoïdien antérosupérieur ; 5) rebord glénoïdien antéro-inférieur ; 6) clavicule.

Autres incidences de l'épaule

D'autres incidences peuvent être réalisées :

- **profil transthoracique** : utilisé pour le bilan des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus (ne nécessite pas de mobilisation de l'épaule) ;
- **faux profil axillaire** : utilisé pour dégager l'acromion, l'articulation acromio-claviculaire et le processus coracoïde, il nécessite une bonne mobilité de l'épaule (se réalise bras en élévation, main posée derrière la tête) ;
- **défilé claviculaire** : incidence oblique de la clavicule, permettant de la dégager comparativement aux autres reliefs de l'épaule. Elle se réalise de face, avec un rayon ascendant de 45°.

2.2.7 Coude

Incidence de face

Indication	Pathologie rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Sujet assis ou en décubitus dorsal, membre supérieur en extension complète, main en supination. L'épaule, le coude et le poignet doivent être dans le même plan horizontal.
Critères de qualité	Dégagement de l'interligne radio-huméral. Bonne visibilité de la tête radiale, des épicondyles latéral et médial.
Éléments à vérifier	Intégrité des corticales de l'extrémité inférieure de l'humérus, des extrémités supérieures de l'ulna et du radius. Conservation des interlignes articulaires radio-huméral, radio-ulnaire et ulno-huméral. Alignement de l'axe du radius avec le capitulum de l'humérus (non valable chez l'enfant, ce repère disparaît en cas de luxation de la tête radiale).

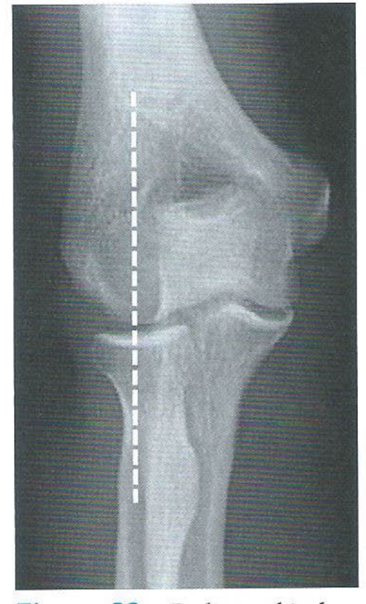


Figure 82 - Radiographie du coude droit de face
En pointillé, ligne représentant l'alignement du capitulum avec l'axe du radius.

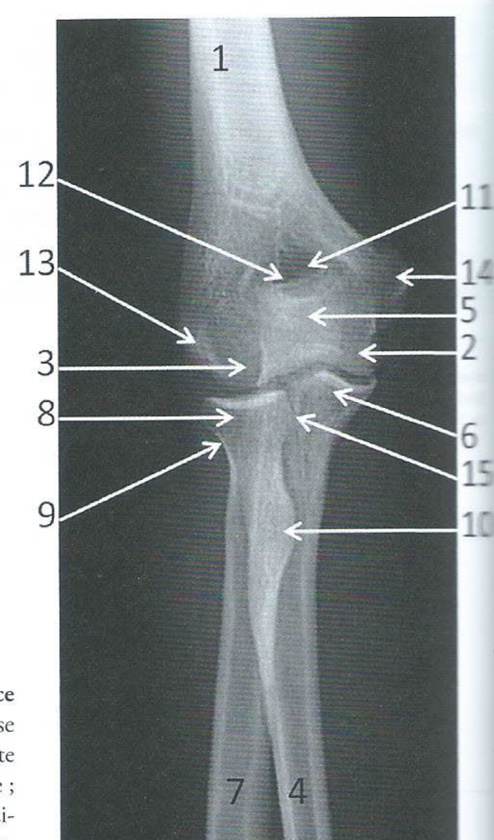


Figure 83 - Radiographie du coude droit de face
1) diaphyse humérale ; 2) trochlée humérale ; 3) capitulum ; 4) diaphyse ulnaire ; 5) olécrane ; 6) processus coronoïde ; 7) diaphyse radiale ; 8) tête radiale ; 9) col du radius ; 10) tubérosité radiale ; 11) fosse coronoïdienne ; 12) fosse radiale ; 13) épicondyle latéral ; 14) épicondyle médial ; 15) incisure radiale de l'ulna.

Incidence de profil

Indication	Pathologie rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Sujet assis, coude à 90° de flexion, le bord ulnaire de l'avant-bras posé sur le récepteur, main verticale, pouce vers le haut. L'épaule, le coude et le poignet doivent être dans le même plan horizontal.
Critères de qualité	Dégagement de l'interligne radio-huméral.
	Superposition des épicondyles latéral et médial.
	Tête radiale empiétant sur le processus coronoïde.
Éléments à vérifier	Intégrité des corticales de l'extrémité inférieure de l'humérus, des extrémités supérieures de l'ulna et du radius.
	Alignement de l'axe du radius avec le capitulum de l'humérus (toujours valable sur un profil vrai, ce repère disparaît en cas de luxation de la tête radiale).
	Ligne humérale antérieure laissant un tiers du capitulum en avant (ce repère peut disparaître en cas de fracture supracondylienne).
	Absence de refoulement des liserés graisseux.

IMPORTANT
Liserés graisseux du coude et épanchement articulaire

Ce sont des coussinets graisseux antérieur et postérieur au contact de l'extrémité inférieure de l'humérus. Ils sont intracapsulaires.

À l'état normal, seul le coussinet graisseux antérieur est visible sous forme d'une densité rectangulaire au contact de la ligne humérale antérieure (parfois non visible).

En cas d'hémarthrose, le coussinet graisseux antérieur est refoulé en avant à distance de l'humérus, et le coussinet graisseux postérieur devient visible sous forme d'une opacité linéaire se raccordant à la face postérieure de l'humérus.

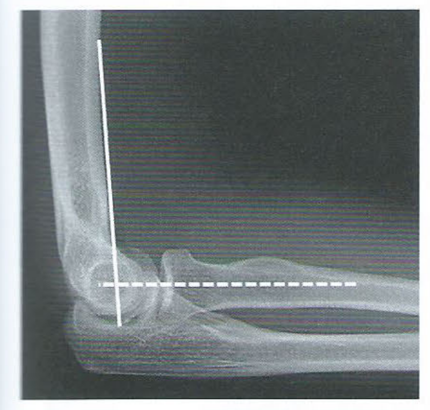


Figure 84 - Radiographie de profil du coude droit
En pointillé, ligne représentant l'alignement du capitulum avec l'axe du radius ; en trait plein, ligne humérale antérieure laissant au moins un tiers du capitulum en avant.

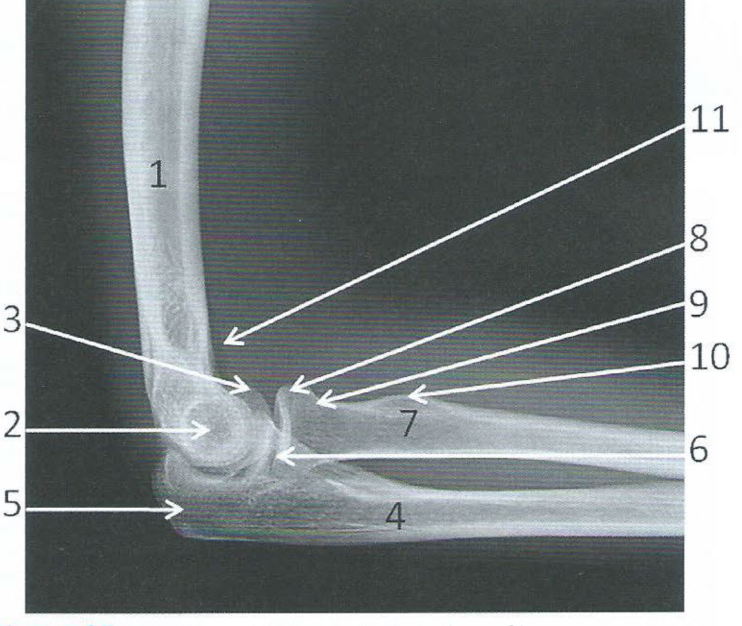


Figure 85 - Radiographie du coude droit de profil
1) diaphyse humérale ; 2) trochlée humérale ; 3) capitulum ; 4) diaphyse ulnaire ; 5) olécrane ; 6) processus coronoïde ; 7) diaphyse radiale ; 8) tête radiale ; 9) col du radius ; 10) tubérosité radiale ; 11) liseré graisseux antérieur.

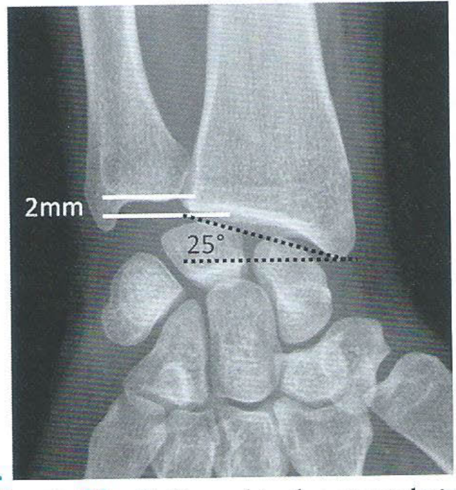
Autres incidences

Les incidences plus rarement pratiquées sont :
- de **trois quarts** (obliques) médiale (dégagement du processus coronoïde) et latérale (dégagement du col et de la tête du radius, et du condyle huméral) ;
- **rétro-olécranienne** (dégagement des épicondyles latéral et médial).

2.2.8 Poignet

Incidence de face

Indication	Pathologie rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient assis, main en pronation, coude en flexion de 90°, épaule en abduction de 90°, doigts à plat, troisième doigt dans l'axe de l'avant-bras ; l'épaule, le coude et le poignet doivent être dans le même plan horizontal.
Critères de qualité	Styloïde ulnaire se projetant à la face médiale de l'ulna.
	Axe de l'avant-bras en continuité avec le capitatum.
Éléments à vérifier	Intégrité corticale des extrémités inférieures de l'ulna et du radius, et des os du carpe.
	Surface articulaire du radius orientée en bas et en dedans avec une inclinaison dans le plan frontal d'environ 25°.
	Ligne bistyloïdienne inclinée dans le plan frontal de 15° par rapport à l'horizontale.
	Index radio-ulnaire de 0 à -2 mm.
	Diastasis radio-ulnaire inférieur nul.
	Respect des arcs de Gilula (en cas de perte de l'harmonie de ces arcs, suspecter une fracture, une entorse ou une luxation des os du carpe), absence de diastasis intercarpien (interlignes inférieurs à 2 mm).
	Absence de pincement de l'interligne articulaire radiocarpien, et des autres interlignes entre les os du carpe.
	Absence de calcifications des parties molles (notamment en regard du fibrocartilage triangulaire du carpe).



a.

b.

Figure 86 - Radiographies du poignet droit de face
a) index radio-ulnaire (lignes blanches), inclinaison de l'épiphyse radiale dans le plan frontal (lignes pointillées noires) ; b) ligne bistyloïdienne en pointillé, et inclinaison dans le plan frontal par rapport à l'horizontale (ligne noire).

Figure 87 - Radiographie du poignet gauche de face
Arcs de Gilula en pointillé.

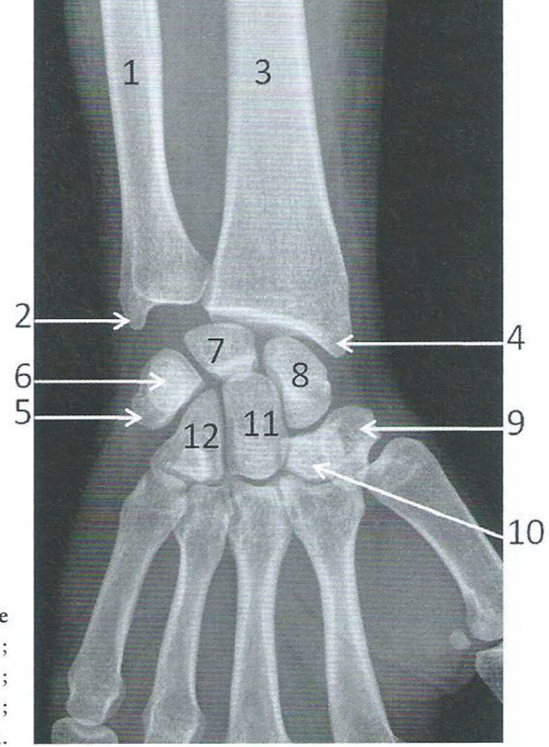
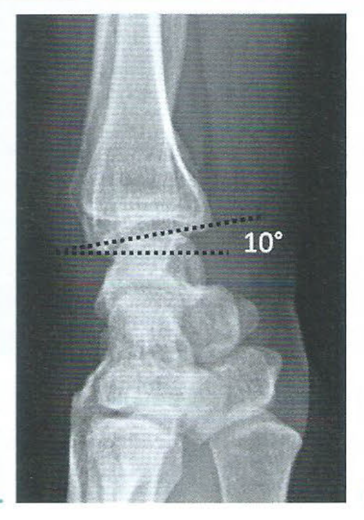


Figure 88 - Radiographie du poignet droit de face
1) diaphyse ulnaire ; 2) styloïde ulnaire ; 3) diaphyse radiale ; 4) styloïde radiale ; 5) triquetrum ; 6) pisiforme ; 7) lunatum ; 8) scaphoïde ; 9) trapèze ; 10) trapézoïde ; 11) capitatum ; 12) hamatum.

Incidence de profil

Indication	Pathologie essentiellement traumatique.
Réalisation	Patient assis, coude au corps en flexion de 90° ; l'avant-bras et la main reposent par leur bord ulnaire contre le récepteur en position neutre, le dos de la main étant dans le prolongement de la face postérieure de l'avant-bras.
Critères de qualité	Styloïde ulnaire projetée au milieu de la tête radiale. Alignement du radius, du capitatum et des métacarpiens.
Éléments à vérifier	Absence de décroché cortical antérieur ou postérieur de l'ulna et du radius. Surface articulaire du radius orientée en bas et en avant avec inclinaison de 10° dans le plan sagittal. Alignement du radius, du capitatum et du lunatum (perte de ce repère dans les luxations du carpe).

a.



b.

Figure 89 - Radiographies du poignet droit de profil
a) inclinaison de la surface articulaire du radius par rapport à l'horizontale ; b) alignement de l'axe radial, du lunatum et du capitatum.

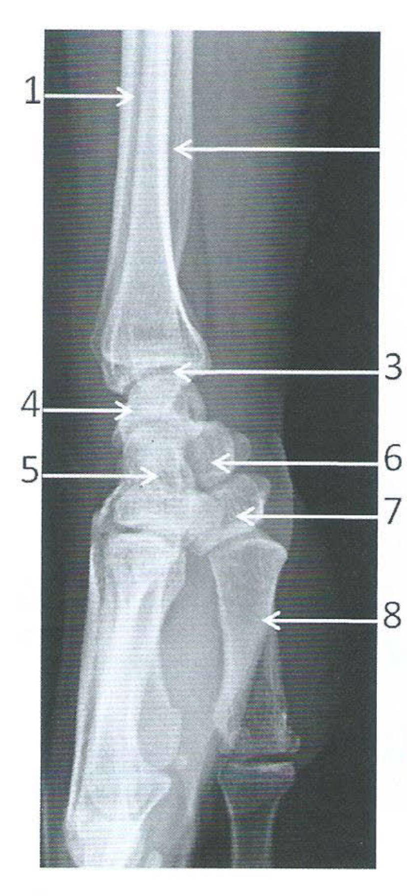


Figure 90 - Radiographie du poignet droit de profil
1) radius ; 2) ulna ; 3) styloïde ulnaire ; 4 lunatum ; 5) capitatum ; 6) scaphoïde ; 7) trapèze ; 8) premier métacarpien.

2.2.9 Main

Incidence de face

Indication	Pathologies rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient assis, poignet en pronation (faces palmaires des deux mains à plat sur le récepteur), troisième doigt dans l'axe des avant-bras, en légère inclinaison ulnaire, doigts légèrement écartés. En rhumatologie, on inclut les deux mains sur un même cliché.
Critères de qualité	Visibilité des extrémités distales de l'ulna et du radius jusqu'à l'extrémité des doigts. Doigts séparés sans superposition. Bonne visibilité des différents interlignes articulaires de la main.
Éléments à vérifier	Intégrité des os du carpe et de leurs interlignes articulaires *(voir page 144 « Poignet, incidence de face »)*. Intégrité des corticales des métacarpiens et des phalanges. Absence de pincement ou d'élargissement des interlignes articulaires carpo-métacarpiens, métacarpo-phalangiens et interphalangiens. Absence d'autre signe d'arthrose. Absence d'érosion épiphysaire (des métacarpiens, des phalanges). Absence de calcifications des parties molles (notamment en regard du fibrocartilage triangulaire du carpe).

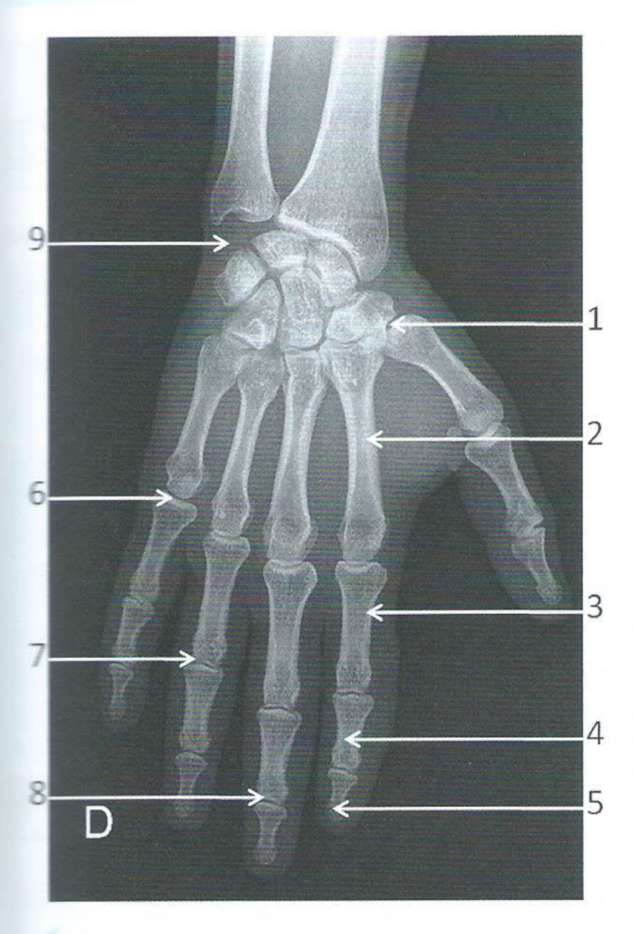


Figure 91 - Radiographie de la main droite de face (les os du carpe sont légendés sur la radiographie de poignet de face)
1) articulation trapézo-métacarpienne ; 2) deuxième métacarpien ; 3) première phalange du deuxième rayon ; 4) deuxième phalange du deuxième rayon ; 5) troisième phalange du deuxième rayon ; 6) articulation métacarpo-phalangienne du cinquième rayon ; 7) articulation interphalangienne proximale du quatrième rayon ; 8) articulation interphalangienne distale du troisième rayon ; 9) projection du fibrocartilage triangulaire du carpe.

Incidence de trois quarts (oblique)

Indication	Pathologies rhumatologique (rhumatismes inflammatoires notamment : dégager le bord radial des phalanges proximales pour la recherche d'érosions) et traumatique (complémentaire de la radiographie de face pour la recherche de fracture des métacarpiens et des phalanges).
Réalisation	Patient assis, mains en semi-pronation à plat par leur bord ulnaire, doigts en extension légèrement surélevés par une cale.
Critères de qualité	Visibilité des extrémités distales de l'ulna et du radius jusqu'à l'extrémité des doigts.
	Recouvrement des métacarpiens inférieurs à 50 % de leur largeur.
	Dégagement des interlignes métacarpo-phalangiens.
Éléments à vérifier	Mêmes éléments que sur la radiographie de la main de face.

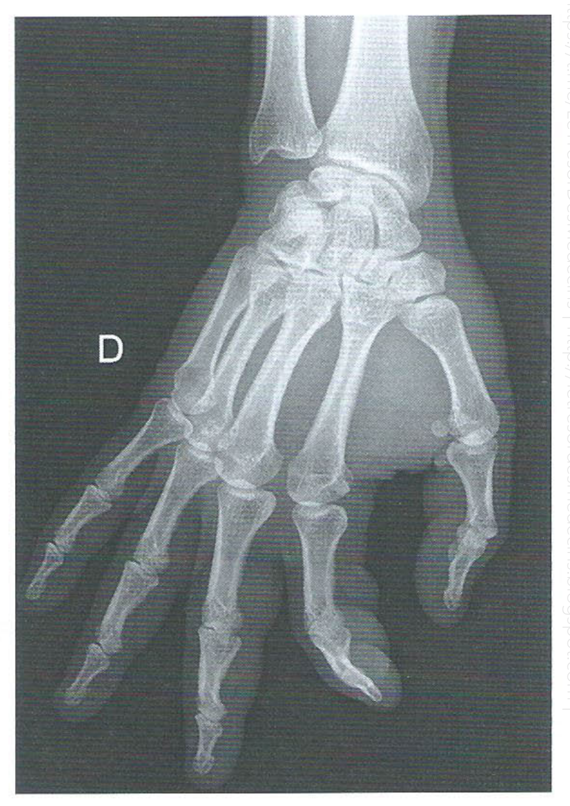


Figure 92 - Radiographie de la main droite de trois quarts
On retrouve les mêmes structures que sur la radiographie de main de face.

Autres incidences

S'agissant des incidences du scaphoïde, le principe est de **dérouler le corps du scaphoïde** par divers mouvements du poignet ou modification du rayon directeur : extension ou inclinaison ulnaire du poignet, inclinaison craniale du rayon directeur.

2.2.10 Rachis

Rachis cervical

Incidence de face

Incidences de face simple

Indication	Exploration du rachis cervical inférieur (C3 à C7) dans les pathologies rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient assis, épaules abaissées au maximum, tête légèrement défléchie.
	Rayon directeur ascendant afin de dégager au mieux les espaces intervertébraux (réalisation couché en traumatologie).
Critères de qualité	Exploration incluant l'occiput jusqu'au plateau supérieur de T1 (C7 doit être visible)
	Symétrie : position médiane de la trachée, processus épineux centrés.
Éléments à vérifier	Intégrité corticale des corps vertébraux, et respect de leur hauteur.
	Intégrité des uncus et des pédicules.
	Alignement des processus épineux.
	Distance séparant deux processus épineux n'excédant pas une fois et demie l'espace interépineux sus- ou sous-jacent.
	Régularité des interlignes discaux, absence d'autres signes d'arthrose (ostéophytose, condensation sous-chondrale…).

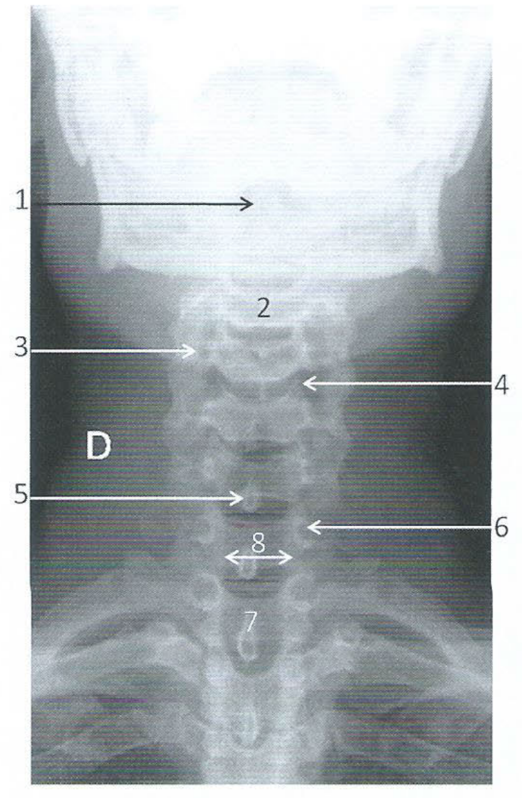


Figure 93 - Radiographie du rachis cervical de face
1) processus odontoïde ; 2) corps vertébral de C3 ; 3) massif des processus articulaires et transverses droit de C4 ; 4) uncus gauche de C5 ; 5) processus épineux de C6 ; 6) pédicule gauche de C7 ; 7) corps vertébral de T1 ; 8) (double flèche) trachée.

> **IMPORTANT**
> ***Processus épineux bifides***
> C'est une situation fréquente, dans ce cas les processus épineux peuvent apparaître légèrement désalignés.

Incidence de face bouche ouverte

Indication	Exploration du rachis cervical supérieur (articulation occipito-cervicale, C1 et C2) dans les pathologies essentiellement traumatiques.
Réalisation	Patient assis, tête droite, bouche ouverte au maximum (position couchée si contexte traumatique) ; la bouche ouverte permet de s'affranchir des superpositions maxillaire, mandibulaire et des dents.
Critères de qualité	Situation médiane du processus odontoïde et du processus épineux de C2, processus odontoïde situé au milieu des incisives supérieures.
	Superposition du bord inférieur des incisives supérieures et de la face inférieure de l'occiput.
Éléments à vérifier	Processus odontoïde centré et symétrique au milieu des massifs articulaires de C1.
	Régularité corticale du processus odontoïde.
	Régularité corticale des massifs articulaires de C1.
	Alignement des bords latéraux de C1 et de C2.

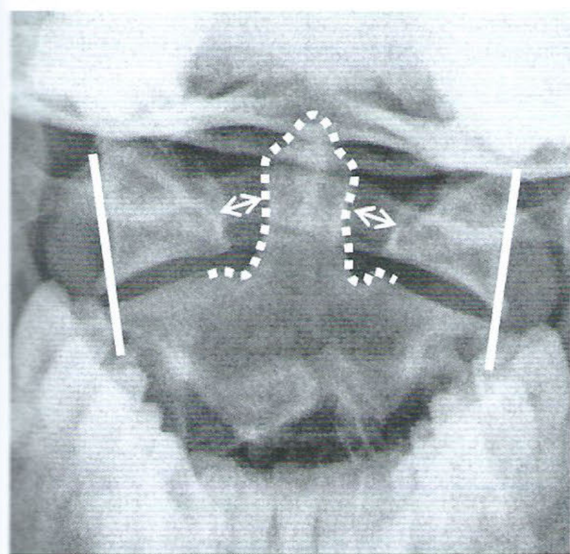


Figure 94 - Radiographie du rachis cervical supérieur de face, bouche ouverte
Ligne pointillé : corticale du processus odontoïde, dont la continuité doit être vérifiée ; doubles flèches : espaces séparant le processus odontoïde des masses latérales de C1, qui doivent être symétriques ; lignes pleines : alignement normal des bords latéraux de C1 et C2.

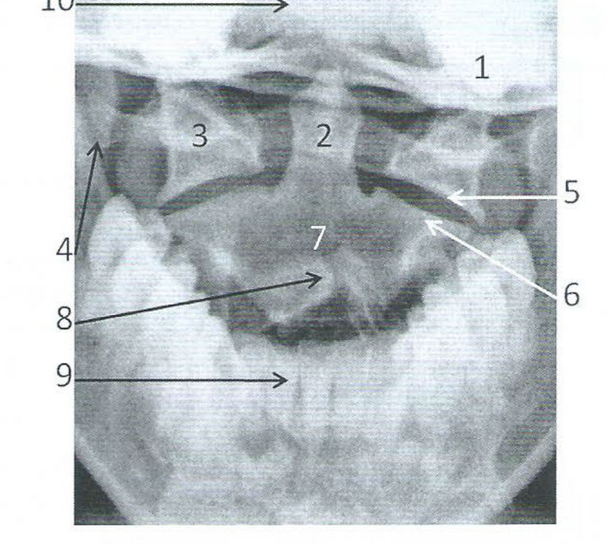


Figure 95 - Radiographie du rachis cervical supérieur de face, bouche ouverte
1) condyle occipital gauche ; 2) processus odontoïde ; 3) masse latérale droite de C1 ; 4) processus transverse droit de C1 ; 5) surface articulaire inférieure gauche de C1 ; 6) surface articulaire supérieure gauche de C2 ; 7) corps de C2 ; 8) processus épineux de C2 ; 9) incisives inférieures ; 10) incisives supérieures.

Incidence de profil

Indication	Exploration du rachis cervical supérieur et inférieur dans les pathologies rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient assis, épaules abaissées au maximum (réalisation couché en cas de patient polytraumatisé).
Critères de qualité	Exploration incluant l'occiput jusqu'au plateau supérieur de T1 (C7 doit être visible). Profil strict : superposition des angles des mandibules et des massifs articulaires droit et gauche de chaque vertèbre, absence de dédoublement du mur postérieur des corps vertébraux. Dégagement de tous les interlignes discaux et articulaires postérieurs.
Éléments à vérifier	Distance entre l'arc antérieur de C1 et le bord antérieur du processus odontoïde inférieure ou égale à 3 mm (5 mm chez l'enfant). Continuité de l'anneau de Harris, formé par la base de l'odontoïde et une partie du corps de C2 (en cas d'anomalie de ces deux repères, suspecter une fracture du processus odontoïde). Alignement des différentes lignes vertébrales sans cassures (sinon suspecter une lésion ligamentaire ou une fracture) : ▸ ligne 1 : le long du bord antérieur des corps vertébraux ; ▸ ligne 2 : le long du bord postérieur des corps vertébraux ; ▸ ligne 3 : reliant les bases des processus épineux. Épaisseur normale des parties molles précervicales (en cas d'augmentation d'épaisseur, suspecter la présence d'un hématome prévertébral) : ▸ C1-C4 : inférieur à 7 mm ; ▸ C5-C7 : inférieur à 22 mm. Intégrité corticale des corps vertébraux, et respect de leur hauteur. Intégrité des processus épineux et des pédicules. Régularité des interlignes discaux, absence d'autres signes d'arthrose discale ou interapophysaire postérieure (ostéophytose, condensations sous-chondrale…).

IMPORTANT

Anneau de Harris

L'anneau de Harris peut apparaître interrompu de façon physiologique dans sa partie inférieure uniquement.

Ligne reliant les processus épineux

Il peut exister un léger décroché de cette troisième ligne à hauteur de C2, surtout chez le sujet jeune.
Ce décroché ne doit pas dépasser de plus de 2 mm la ligne reliant la base du processus épineux de C1 à celui de C3.

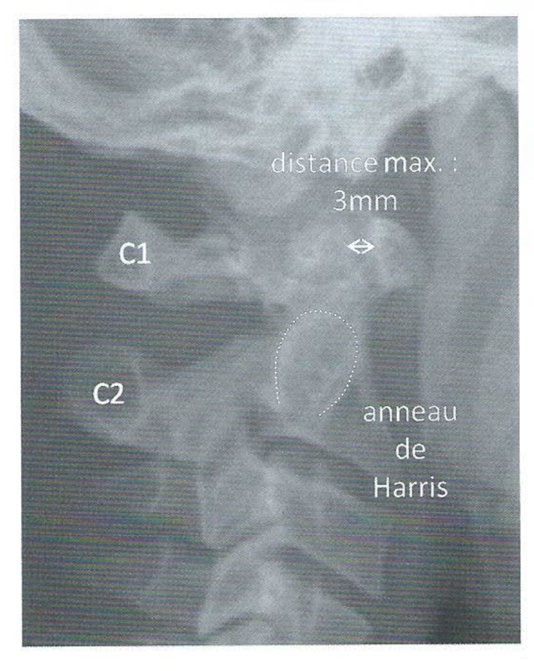


Figure 96 - Radiographie du rachis cervical de profil, centré sur C1-C2. Anneau de Harris et espace odontoïde-arc antérieur de C1.

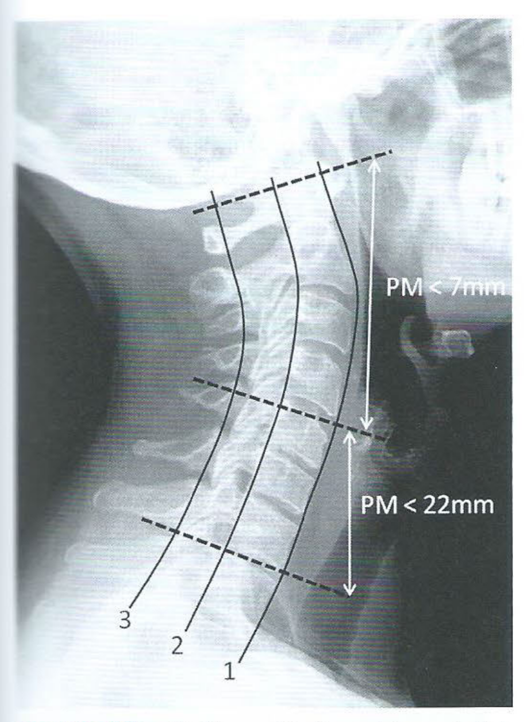


Figure 97 - **Radiographie du rachis cervical de profil**
Dessin des trois lignes vertébrales (numérotées 1, 2, 3) ; épaisseur maximale des parties molles en fonction de l'étage.

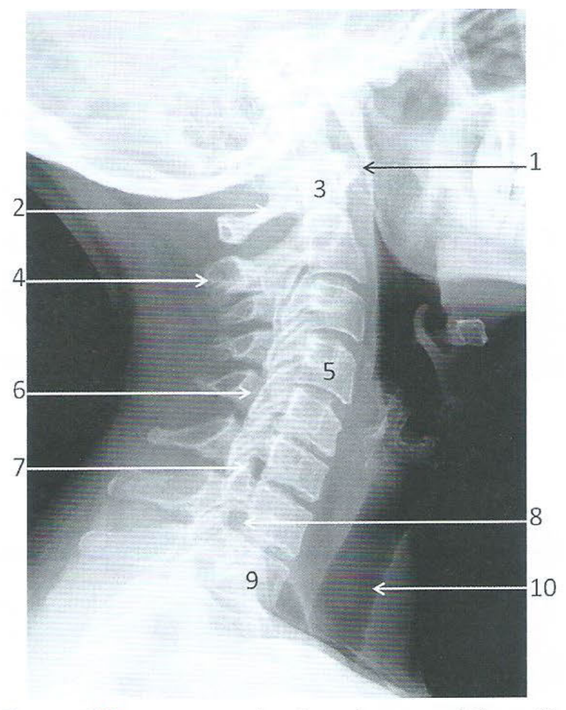
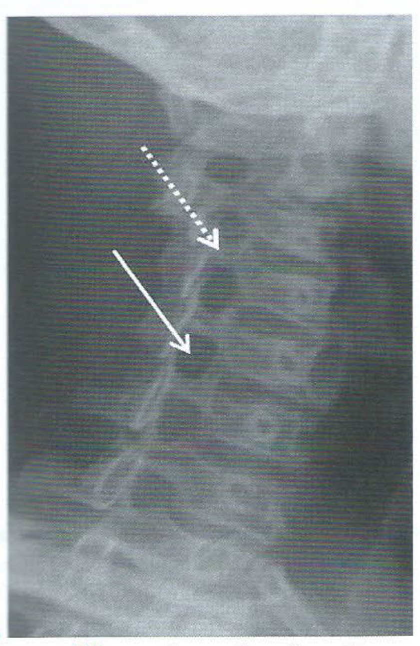


Figure 98 - **Radiographie du rachis cervical de profil**
1) arc antérieur de C1 ; 2) processus épineux de C1 ; 3) processus odontoïde ; 4) processus épineux de C2 ; 5) corps vertébral de C4 ; 6) lame de C5 ; 7) processus articulaire supérieur de C7 ; 8) foramens de conjugaison C7-T1 ; 9) corps vertébral de T1 ; 10) trachée.

Incidences de trois quarts



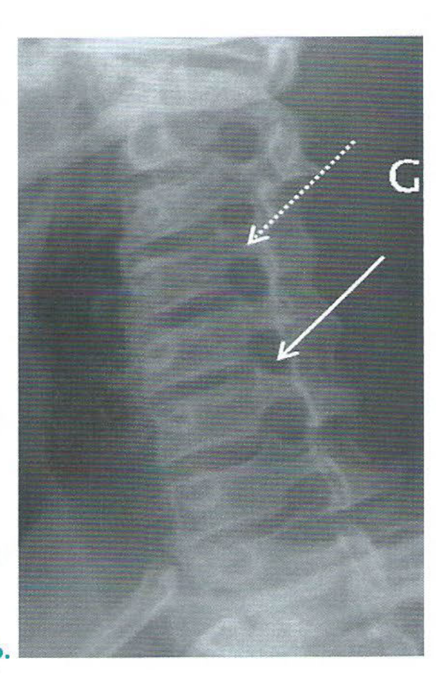


Figure 99 - **Radiographies du rachis cervical**
a. de trois quarts droit ; **b.** de trois quarts gauche. La flèche pointillée montre un pédicule, la flèche pleine un foramen de conjugaison.

Indication	Exploration des foramens de conjugaison du rachis cervical dans les pathologies rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient assis, épaules abaissées au maximum, tête tournée à 45° vers la gauche (dégagement des foramens de conjugaison droits) ou vers la droite (dégagement des foramens de conjugaison gauches) ; rayon directeur ascendant de 10 à 20° afin de dégager les espaces intervertébraux.
Critère de qualité	Dégagement de tous les foramens de conjugaison et des pédicules.
Éléments à vérifier	Intégrité des foramens de conjugaison, de forme ovalaire à grand axe vertical, sans réduction de calibre.
	Intégrité corticale des pédicules.

Rachis dorsal

Incidence de face

Indication	Pathologie traumatique ou rhumatologique.
Réalisation	Patient debout, de face, bras le long du corps ; acquisition du cliché en apnée.
	Réalisation couché en traumatologie.
Critères de qualité	Dégagement des interlignes discaux du rachis dorsal moyen.
	Symétrie : situation médiane des processus épineux.
Éléments à vérifier	Intégrité corticale des corps vertébraux, et respect de leur hauteur.
	Intégrité de tous les processus épineux et de tous les pédicules.
	Ligne paravertébrale gauche (formée par le bord gauche de l'aorte) visible à gauche le long des corps vertébraux (déplacée en cas d'hématome paravertébral ou de toute anomalie médiastinale développé au contact des gouttières costo-vertébrales).
	Régularité des interlignes discaux, absence d'autres signes d'arthrose (ostéophytose, condensation sous-chondrale…).

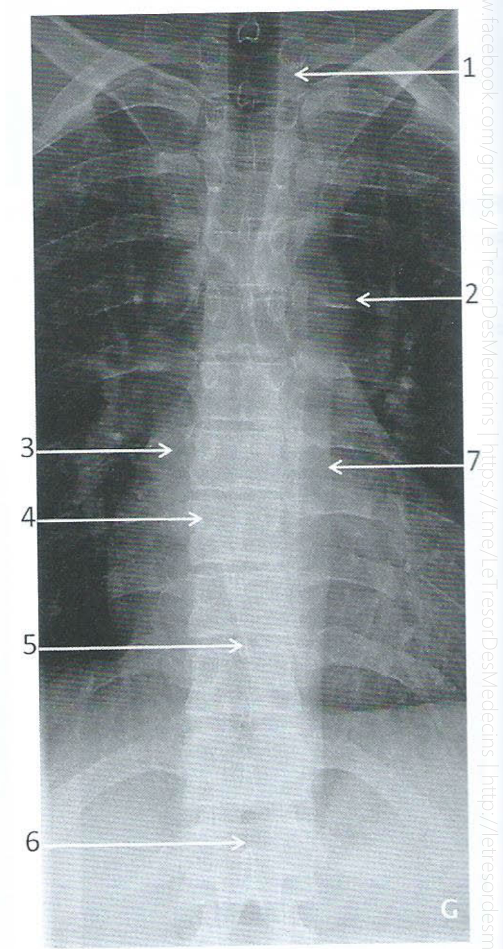


Figure 100 - Radiographie du rachis dorsal de face
1) corps vertébral de T1 ; 2) cinquième côte gauche ; 3) processus transverse de T7 ; 4) pédicule droit de T8 ; 5) processus épineux de T9 ; 6) corps vertébral de T12 ; 7) ligne paravertébrale gauche.

Incidence de profil

Indication	Pathologie traumatique ou rhumatologique.
Réalisation	Patient debout, de profil, épaules et bras en avant ; acquisition du cliché en apnée ; réalisation couché en traumatologie.
Critères de qualité	Dégagement des interlignes discaux du rachis dorsal moyen.
	Profil strict : superposition des massifs articulaires droit et gauche de chaque vertèbre, absence de dédoublement du mur postérieur.

→

Éléments à vérifier	Intégrité corticale des corps vertébraux, et respect de leur hauteur.
	Intégrité des pédicules et des foramens de conjugaison.
	Alignement du mur postérieur (formé par les bords postérieurs des corps vertébraux).
	Régularité des interlignes discaux, absence d'autres signes d'arthrose discale ou interapophysaire postérieure (ostéophytose, condensation sous-chondrale…).

Rachis lombaire

Incidences de face

Incidence d'ensemble

Indication	Pathologies rhumatologique et traumatique.
Réalisation	Patient debout, de face ; réalisation couché en traumatologie.
Critères de qualité	Champ d'exploration incluant T11-T12 en haut.
	Dégagement des interlignes discaux de L1-L2 jusqu'à L4-L5 (l'espace L5-S1 n'est pas visible).
	Symétrie : situation médiane des processus épineux.
Éléments à vérifier	Intégrité corticale des corps vertébraux, et respect de leur hauteur.
	Intégrité de tous les processus épineux et de tous les pédicules.
	Régularité des interlignes discaux, absence d'autres signes d'arthrose (ostéophytose, condensation sous-chondrale…).
	Augmentation de la distance interpédiculaire de L1 à L5.
	Absence d'anomalie transitionnelle.

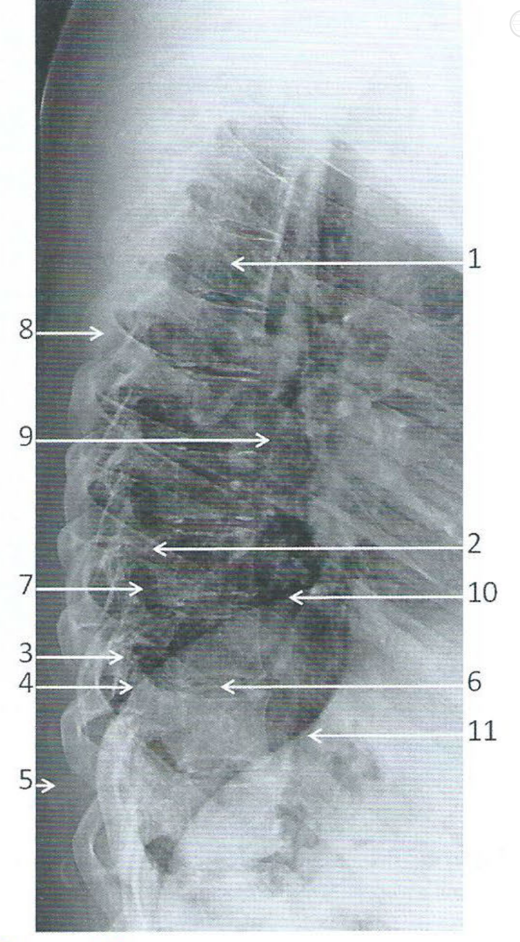


Figure 101 - Radiographie du rachis dorsal de profil
1) corps vertébral de T5 ; 2) pédicule de T9 ; 3) processus articulaire inférieur de T10 ; 4) processus articulaire supérieur de T11 ; 5) processus épineux de T11 ; 6) interligne discal T10-T11 ; 7) foramens de conjugaison T9-T10 ; 8) arc costal postérieur (sixième côte) ; 9) arc costal moyen (sixième côte) ; 10) coupole diaphragmatique droite ; 11) coupole diaphragmatique gauche.

IMPORTANT

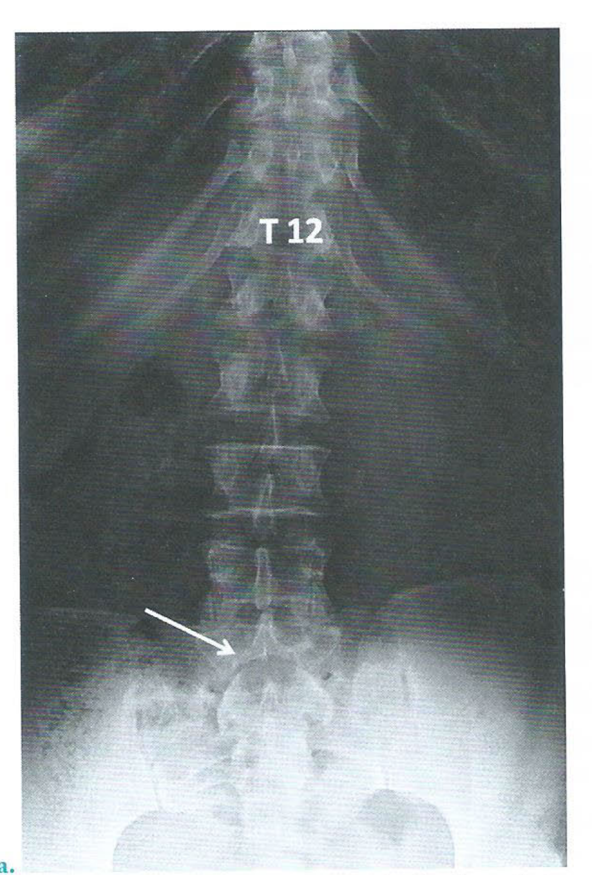
Les anomalies transitionnelles (voir figure 102, page 154)

Une anomalie transitionnelle est une variante anatomique de la charnière lombosacrée, liée à des variations de fusion de la dernière vertèbre lombaire et de la première pièce sacrée :

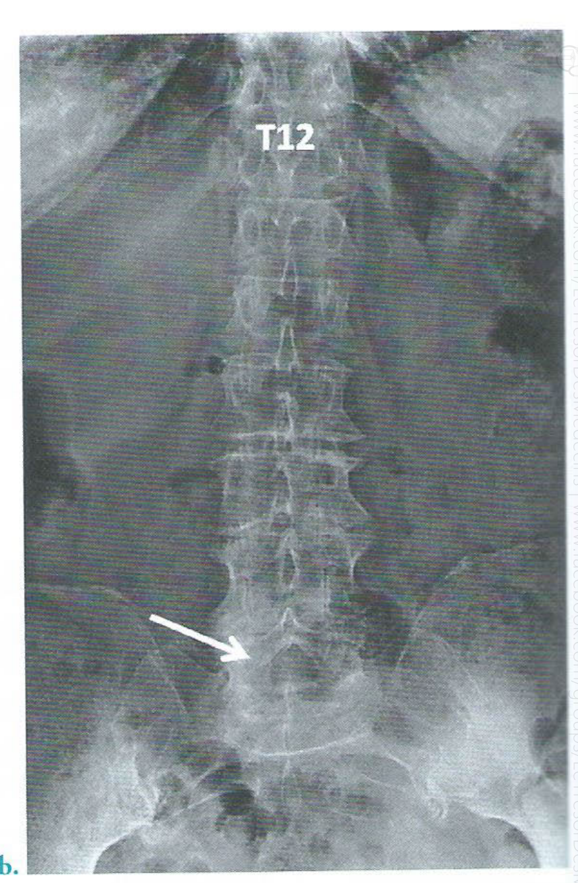
- **sacralisation de L5** : vertèbre L5 soudée au sacrum, avec absence de disque intervertébral L5-S1 ;
- **lombalisation de S1** : première pièce sacrée séparée de la deuxième pièce sacrée par un disque intervertébral au lieu de lui être soudée (S1 ressemblant ainsi à une vertèbre lombaire).

Il est important de reconnaître une anomalie transitionnelle, non par son caractère pathologique (qu'elle ne possède pas), mais simplement pour ne pas se tromper d'étage lors de la description d'anomalie.

Reconnaître une anomalie transitionnelle est facile en comptant le nombre de vertèbres lombaires (T12 étant la dernière vertèbre à porter des arcs costaux) : si l'on compte quatre vertèbres lombaires, il y a une sacralisation de L5 ; si l'on en compte six, il existe une lombalisation de S1.



a.



b.

Figure 102 - Radiographies du rachis lombaire de face

a. sacralisation de L5 (flèche) ; on compte quatre vertèbres lombaires en prenant T12 comme repère (dernière vertèbre portant des arcs costaux) ; b. lombalisation de S1 (flèche) ; on compte six vertèbres lombaires en prenant T12 comme repère.

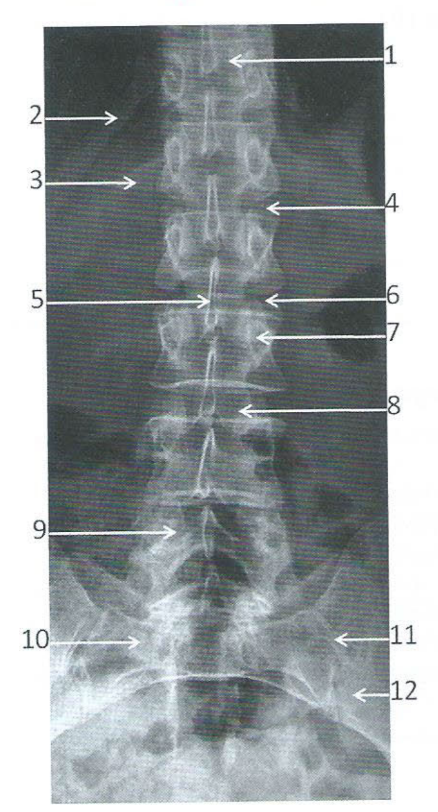


Figure 103 - Radiographie du rachis lombaire de face

1) corps vertébral de T12 ; 2) douzième côte droite ; 3) processus transverse droit de L1 ; 4) processus articulaire supérieur gauche de L2 ; 5) processus épineux de L2 ; 6) interligne discal L2-L3 ; 7) pédicule gauche de L3 ; 8) processus articulaire inférieur gauche de L3 ; 9) corps vertébral de L5 ; 10) sacrum ; 11) interligne articulaire sacro-iliaque gauche ; 12) ilium de l'os coxal gauche.

Incidence de la charnière lombo-sacrée

Indication	Pathologie rhumatologique, pour l'étude de l'interligne discal L5-S1 qui est mal dégagé sur la radiographie d'ensemble du rachis lombaire.
Réalisation	Patient debout ou couché, de face ; rayon directeur ascendant d'environ 30°.
Critères de qualité	Dégagement de l'interligne discal L5-S1.
Éléments à vérifier	Intégrité de hauteur de l'interligne discal L5-S1.

> **IMPORTANT**
> ***Cliché dorso-lombo-pelvi-fémoral de De Sèze***
>
> C'est une incidence utilisée parfois en rhumatologie, qui permet d'avoir dans le même champ la charnière dorso-lombaire, le rachis lombaire, le bassin et les articulations coxo-fémorales (de face).

Incidence de profil

Incidence d'ensemble

Indication	Pathologies rhumatologique et traumatologique.
Réalisation	Patient debout, de profil strict, bras croisés sur la poitrine.
Critères de qualité	Champ d'exploration incluant l'ensemble des vertèbres lombaires.
	Dégagement des interlignes discaux lombaires.
	Profil strict : superposition des massifs articulaires droit et gauche de chaque vertèbre, absence de dédoublement du mur postérieur.
Éléments à vérifier	Intégrité corticale des corps vertébraux, et respect de leur hauteur.
	Intégrité des pédicules et des foramens de conjugaison (bien visibles jusqu'en L4, ovales à grand axe vertical).
	Alignement du mur postérieur (formé par les bords postérieurs des corps vertébraux).
	Régularité des interlignes discaux: la hauteur de ces interlignes augmente progressivement de haut en bas jusqu'en L4-L5 (le disque L5-S1 apparaît plus fin).
	Absence d'autres signes d'arthrose discale ou interapophysaire (ostéophytose, condensation sous-chondrale…).

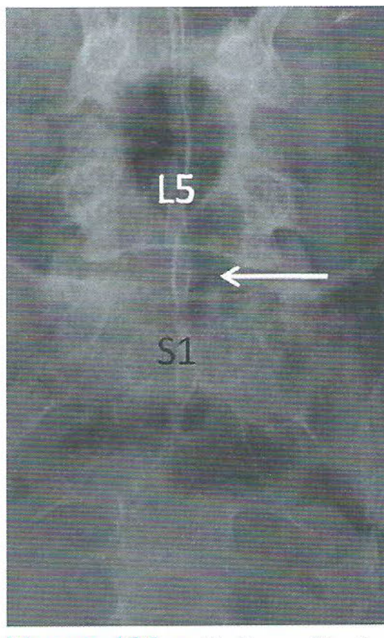


Figure 104 - Radiographie du rachis lombaire de face centrée sur la charnière lombo-sacrée
Flèche : interligne discal L5-S1.

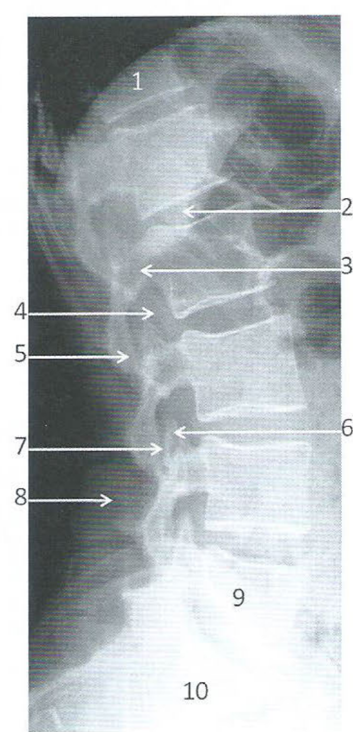


Figure 105 - Radiographie du rachis lombaire de profil
1) corps vertébral de T12 ; 2) espace intervertébral L1-L2 ; 3) pédicules de L2 (superposés) ; 4) foramens de conjugaison L2-L3 ; 5) processus articulaires inférieurs de L2 ; 6) processus articulaires supérieurs de L4 ; 7) articulations interapophysaires postérieures L3-L4 ; 8) processus épineux de L4 ; 9) corps vertébral de L5 ; 10) corps vertébral de S1.

Incidence de la charnière lombo-sacré

Indication	Pathologie rhumatologique, pour l'étude de l'interligne discal L5-S1 qui est insuffisamment dégagé sur la radiographie d'ensemble du rachis lombaire.
Réalisation	Patient debout ou couché, de face ; rayon directeur ascendant d'environ 30°.
Critères de qualité	Dégagement de l'interligne discal L5-S1.
Éléments à vérifier	Éléments à vérifier : intégrité de hauteur de l'interligne discal L5-S1.

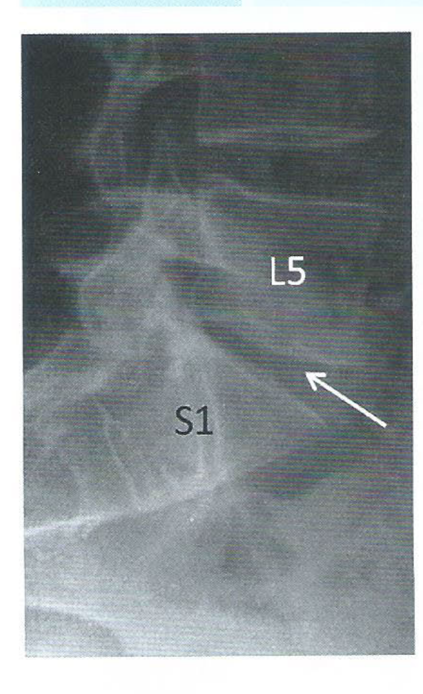


Figure 106 - Radiographie du rachis lombaire de profil centré sur la charnière lombo-sacrée
Flèche : interligne discal L5-S1.

Chapitre 16
TDM

1 TDM thoraco-abdomino-pelvienne

Les images présentées ont été acquises après injection de produit de contraste iodé.
Par définition, les coupes de TDM (et d'IRM) sont présentées de telle sorte que le côté droit du patient soit à gauche de l'image (comme si le patient « tranché » était vu par en dessous).

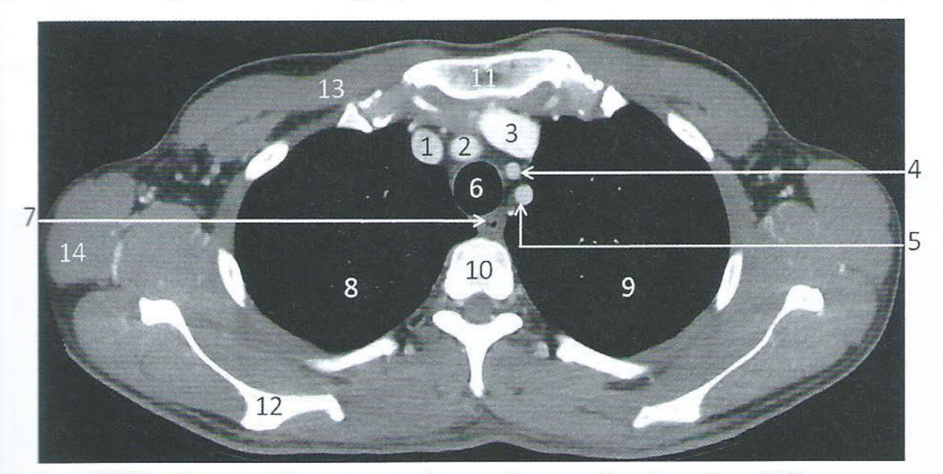


Figure 107 - Coupe axiale passant par la quatrième vertèbre thoracique (T4)
1) veine brachiocéphalique droite ; 2) tronc artériel brachiocéphalique ; 3) veine brachio-céphalique gauche ; 4) artère carotide commune gauche ; 5) artère sub-clavière gauche ; 6) trachée ; 7) œsophage ; 8) lobe pulmonaire supérieur droit ; 9) lobe pulmonaire supérieur gauche ; 10) corps de la quatrième vertèbre thoracique (T4) ; 11) manubrium ; 12) scapula droite ; 13) muscle grand pectoral droit ; 14) muscle deltoïde droit.

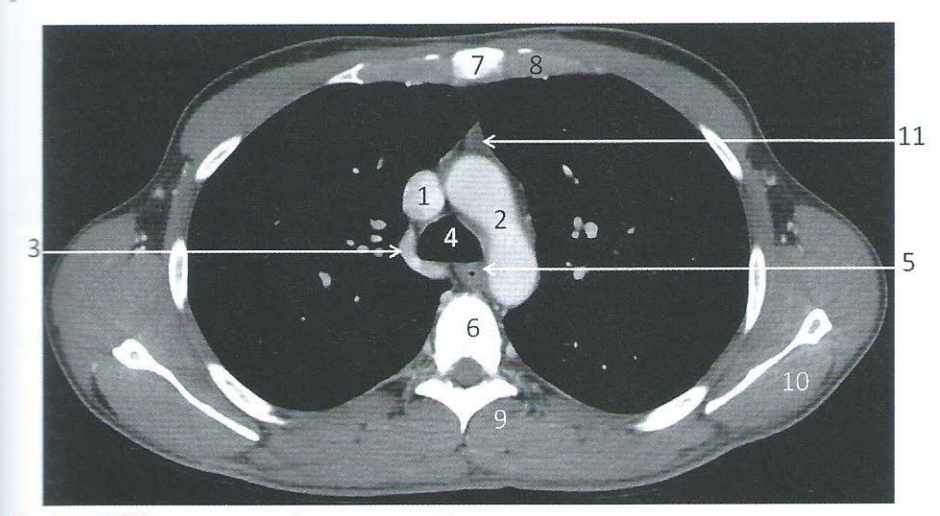


Figure 108 - Coupe axiale passant par T5
1) veine cave supérieure ; 2) aorte horizontale (crosse) ; 3) veine azygos (arc) ; 4) trachée ; 5) œsophage ; 6) corps de la cinquième vertèbre thoracique (T5) ; 7) articulation manubrio-sternale ; 8) deuxième cartilage costal gauche ; 9) muscle érecteur du rachis gauche ; 10) muscle infraépineux gauche.

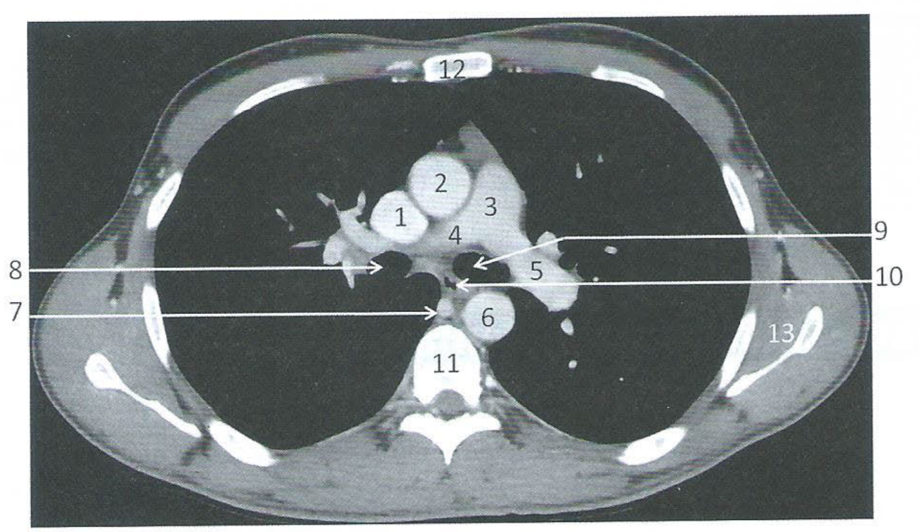


Figure 109 - Coupe axiale passant par T7
1) veine cave supérieure ; 2) aorte (thoracique) ascendante ; 3) tronc pulmonaire ; 4) artère pulmonaire droite ; 5) artère pulmonaire gauche ; 6) aorte (thoracique) descendante ; 7) veine azygos ; 8) bronche principale droite ; 9) bronche principale gauche ; 10) œsophage ; 11) corps de la septième vertèbre thoracique (T7) ; 12) sternum ; 13) muscle subscapulaire gauche.

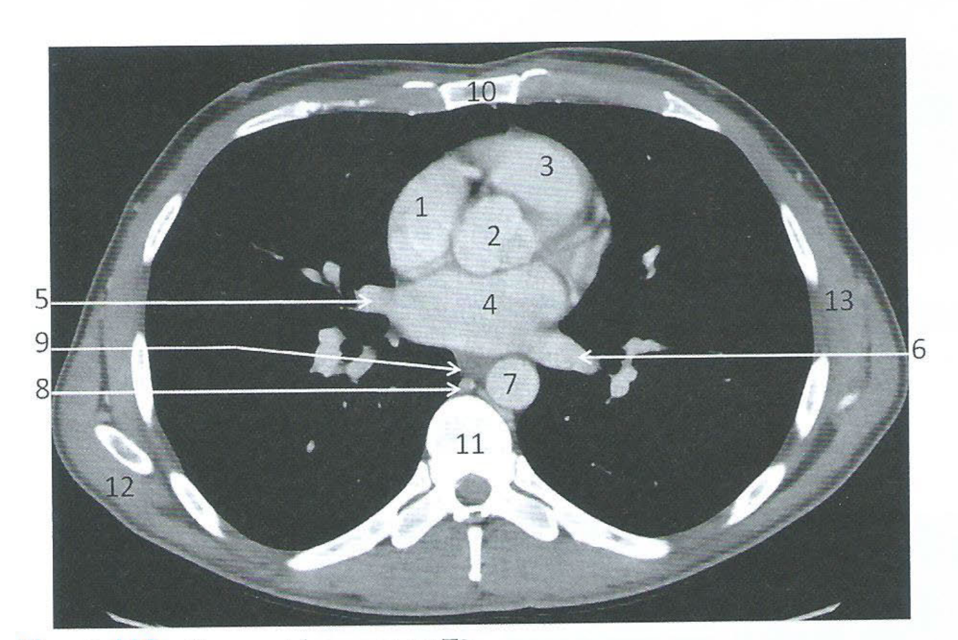


Figure 110 - Coupe axiale passant par T8
1) atrium droit ; 2) valve aortique ; 3) ventricule droit ; 4) atrium gauche ; 5) veine pulmonaire inférieure droite ; 6) veine pulmonaire inférieure gauche ; 7) aorte (thoracique) descendante ; 8) veine azygos ; 9) œsophage ; 10) sternum ; 11) corps de la huitième vertèbre thoracique (T8) ; 12) muscle grand dorsal droit ; 13) muscle dentelé antérieur gauche.

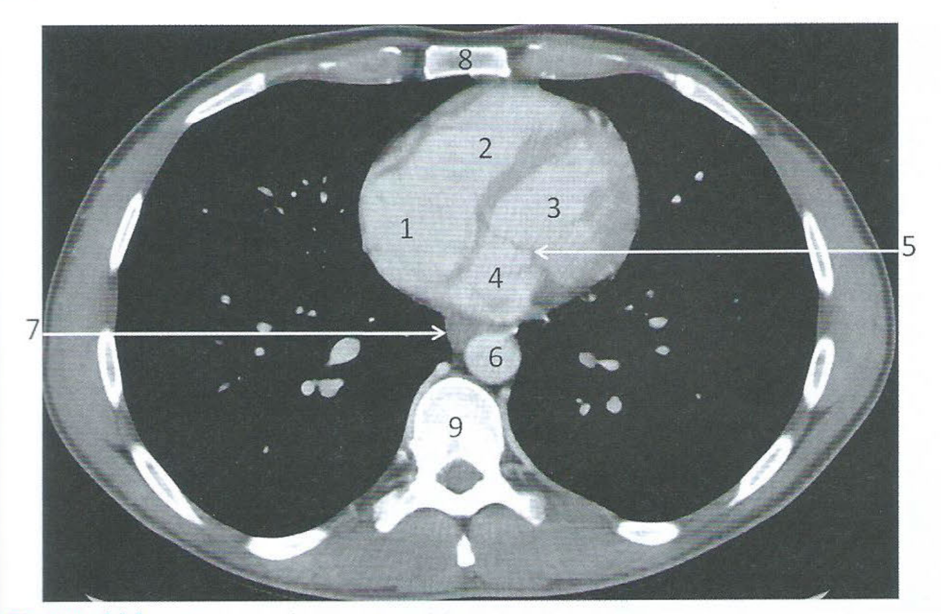


Figure 111 - Coupe axiale passant par T9
1) atrium droit ; 2) ventricule droit ; 3) ventricule gauche ; 4) atrium gauche ; 5) valve mitrale ; 6) aorte (thoracique) descendante ; 7) œsophage ; 8) sternum ; 9) corps de la neuvième vertèbre thoracique (T9).

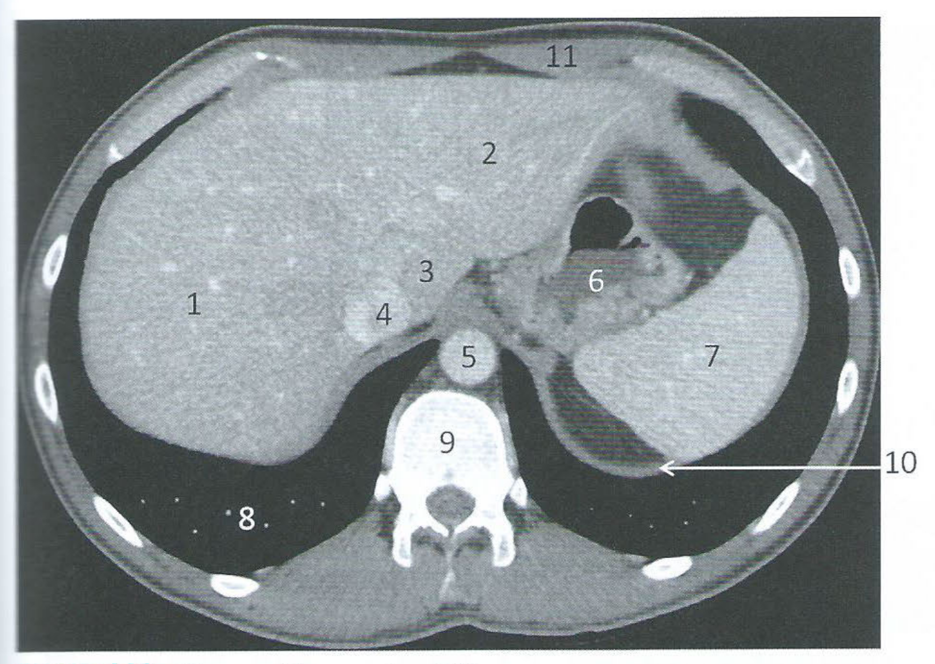


Figure 112 - Coupe axiale passant par T12
1) foie droit ; 2) foie gauche ; 3) segment I du foie gauche ; 4) veine cave inférieure ; 5) aorte thoraco-abdominale ; 6) estomac ; 7) rate ; 8) lobe pulmonaire inférieur droit ; 9) corps vertébral de la douzième vertèbre thoracique (T12) ; 10) coupole diaphragmatique gauche ; 11) muscle droit de l'abdomen gauche.

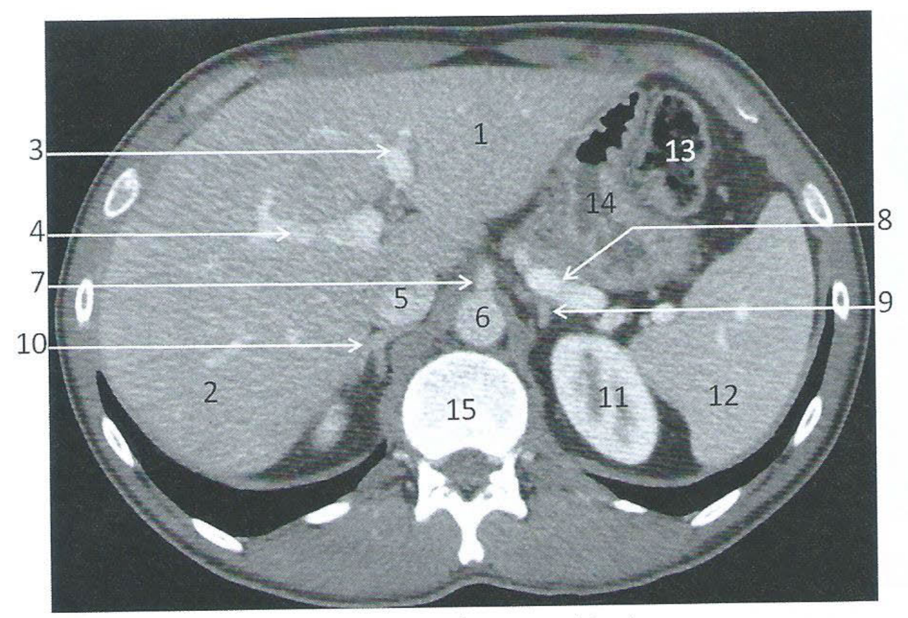


Figure 113 - Coupe axiale passant par L1 (niveau supérieur)
1) foie gauche ; 2) foie droit ; 3) branche portale gauche ; 4) branche portale antérieure droite ; 5) veine cave inférieure ; 6) aorte abdominale sus rénale ; 7) tronc coeliaque ; 8) veine splénique ; 9) surrénale gauche ; 10) surrénale droite ; 11) rein gauche ; 12) rate ; 13) angle colique gauche ; 14) estomac ; 15) corps de la première vertèbre lombaire (L1).

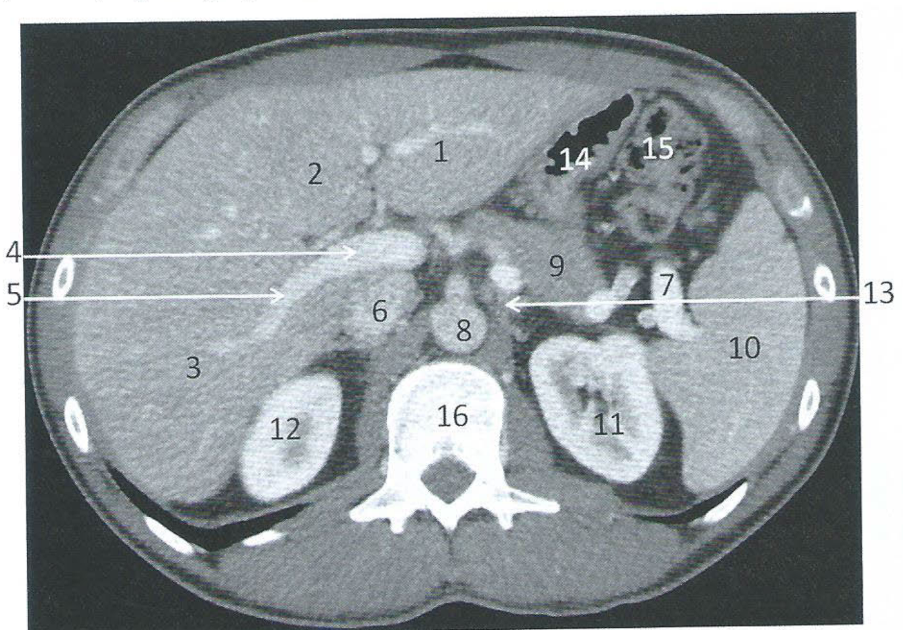


Figure 114 - Coupe axiale passant par L1 (niveau inférieur)
1) foie gauche ; 2) segment IV du foie gauche ; 3) foie droit ; 4) tronc porte ; 5) branche portale postérieure droite ; 6) veine cave inférieure ; 7) veine splénique ; 8) aorte abdominale sus-rénale ; 9) pancréas ; 10) rate ; 11) rein gauche ; 12) rein droit ; 13) surrénale gauche ; 14) estomac ; 15) angle colique gauche ; 16) corps de la première vertèbre lombaire (L1).

Figure 115 - Coupe axiale passant par L2

1) foie gauche ; 2) segment IV du foie gauche ; 3) foie droit ; 4) vésicule biliaire ; 5) veine cave inférieure ; 6) veine mésentérique supérieure ; 7) veine rénale gauche ; 8) aorte abdominale interrénale ; 9) artère mésentérique supérieure ; 10) artère rénale gauche ; 11) rate ; 12) rein droit ; 13) rein gauche ; 14) pancréas ; 15) anses jéjunales ; 16) estomac ; 17) côlon transverse ; 18) corps de la deuxième vertèbre lombaire (L2) ; 19) muscle grand psoas gauche ; 20) muscle érecteur du rachis droit.

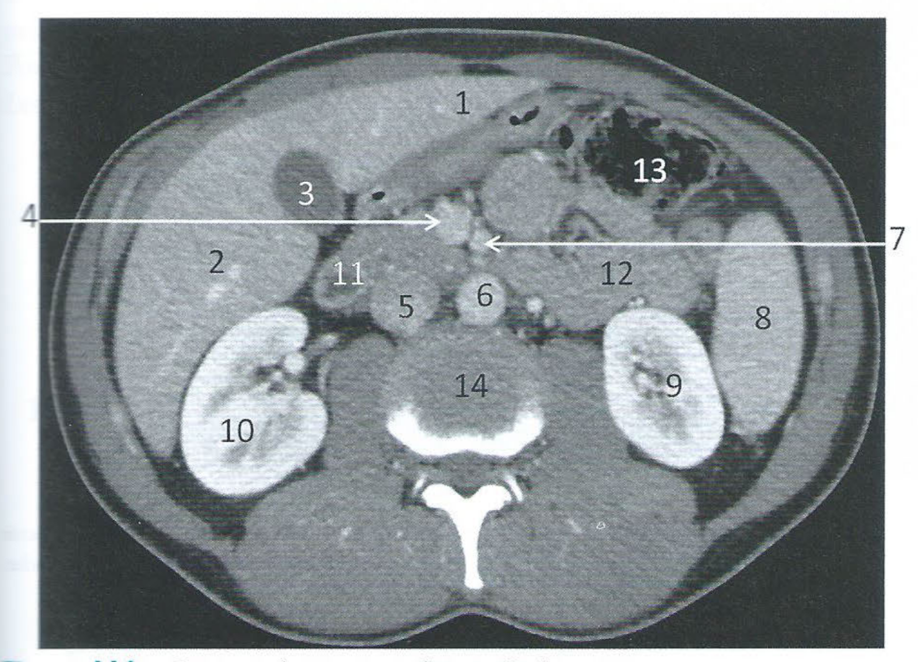


Figure 116 - Coupe axiale passant par l'espace L2-L3

1) foie gauche ; 2) foie droit ; 3) vésicule biliaire ; 4) veine mésentérique supérieure ; 5) veine cave inférieure ; 6) aorte abdominale sous rénale ; 7) artère mésentérique supérieure ; 8) rate ; 9) rein gauche ; 10) rein droit ; 11) duodénum ; 12) anses jéjunales ; 13) côlon transverse ; 14) disque intervertébral entre la deuxième et la troisième vertèbre lombaire (L2-L3).

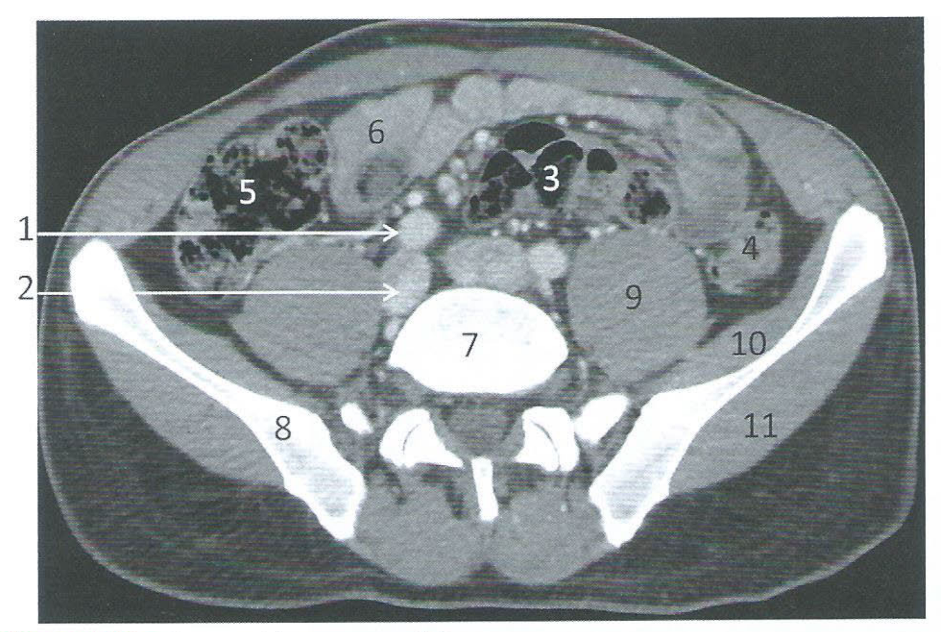


Figure 117 - Coupe axiale passant par L5

1) artère iliaque commune droite ; 2) veine iliaque commune droite ; 3) côlon sigmoïde ; 4) côlon gauche ; 5) caecum ; 6) anses iléales ; 7) corps de la cinquième vertèbre lombaire (L5) ; 8) os coxal droit (ilium) ; 9) muscle grand psoas gauche ; 10) muscle iliaque gauche ; 11) muscle moyen fessier gauche.

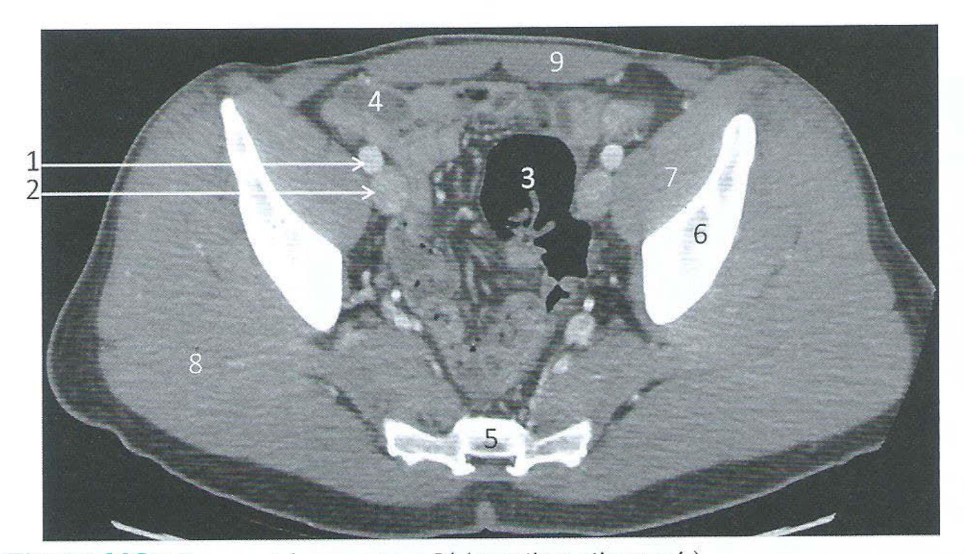


Figure 118 - Coupe axiale passant par S4 (quatrième pièce sacrée)

1) artère iliaque externe droite ; 2) veine iliaque externe droite ; 3) côlon sigmoïde ; 4) anses iléales ; 5) quatrième pièce sacrée (S4) ; 6) os coxal gauche (ilium) ; 7) muscle iliaque gauche ; 8) muscle grand fessier droit ; 9) muscle droit de l'abdomen gauche.

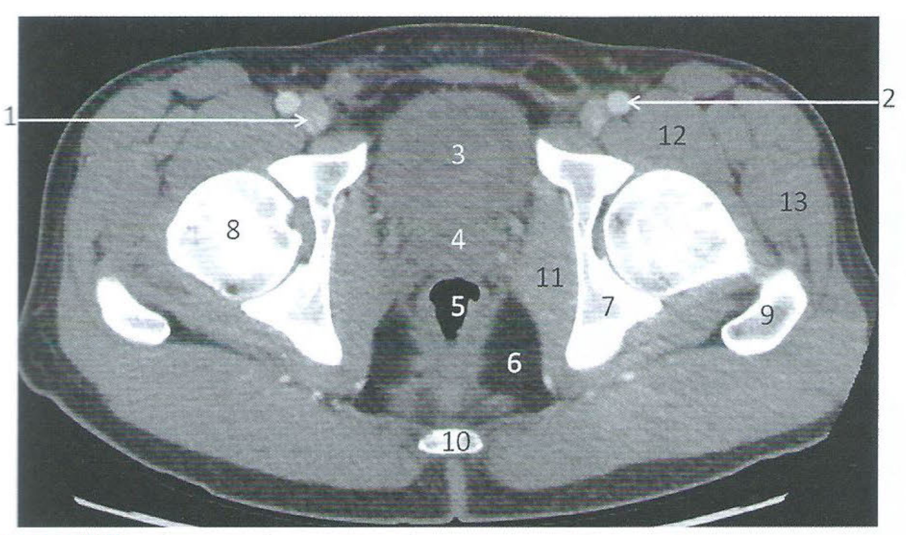


Figure 119 - Coupe axiale passant par le coccyx
1) veine fémorale droite ; 2) artère fémorale gauche ; 3) vessie ; 4) prostate ; 5) rectum ; 6) fosse ischio-rectale gauche ; 7) os coxal gauche (acétabulum) ; 8) tête fémorale droite ; 9) grand trochanter gauche ; 10) coccyx ; 11) muscle obturateur interne gauche.

2 TDM cérébrale

Les images présentées sont des coupes TDM obtenues sans injection de produit de contraste, et présentées en fenêtre parenchymateuse cérébrale.
Pour éviter la surcharge, la latéralité n'a volontairement pas été mentionnée.
Les coupes sont présentées de la base du crâne vers le vertex.

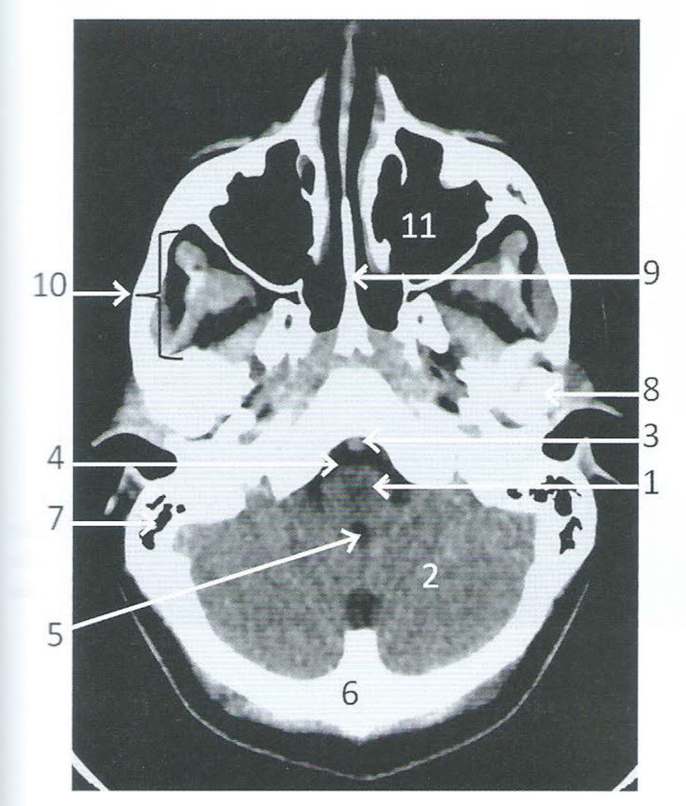


Figure 120 - Coupe 1
1) moelle allongée ; 2) cervelet (lobe postérieur) ; 3) artère basilaire ; 4) citerne cérébro-médullaire latérale ; 5) quatrième ventricule ; 6) os occipital ; 7) cellules mastoïdiennes ; 8) processus condylaire de la mandibule ; 9) septum nasal ; 10) muscles masséter, temporal et ptérygoïdien latéral (de gauche à droite) ; 11) sinus maxillaire.

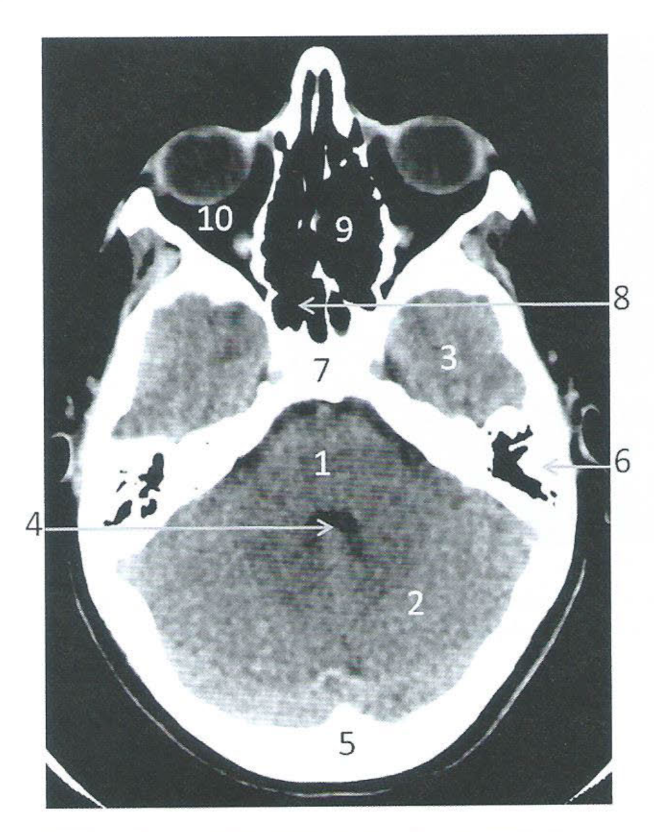


Figure 121 - Coupe 2
1) pont ; 2) cervelet (lobe postérieur) ; 3) lobe temporal ; 4) quatrième ventricule ; 5) os occipital ; 6) cellules mastoïdiennes ; 7) clivus ; 8) sinus sphénoïdal ; 9) cellules ethmoïdales ; 10) orbite.

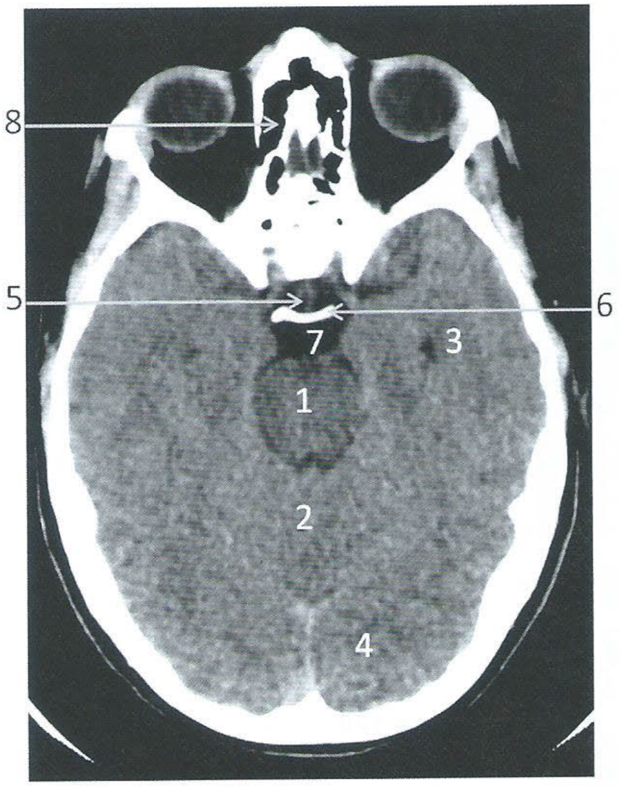


Figure 122 - Coupe 3
1) mésencéphale ; 2) cervelet (lobe antérieur) ; 3) lobe temporal ; 4) lobe occipital ; 5) hypophyse ; 6) selle turcique (dos) ; 7) citerne interpédonculaire ; 8) cellules ethmoïdales.

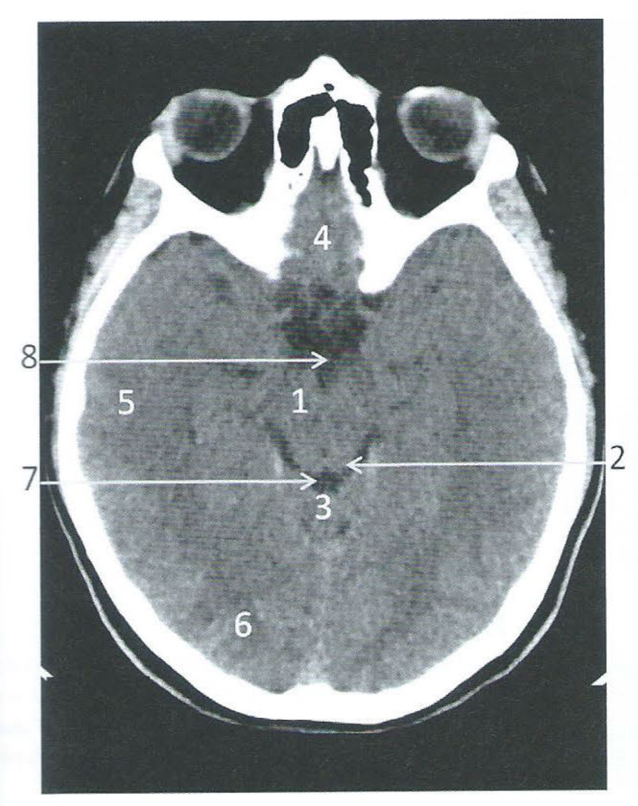


Figure 123 - Coupe 4
1) mésencéphale (pédoncule cérébral) ; 2) mésencéphale (collicule inférieur) ; 3) cervelet (lobe antérieur) ; 4) lobe frontal ; 5) lobe temporal ; 6) lobe occipital ; 7) aqueduc du mésencéphale ; 8) citerne interpédonculaire.

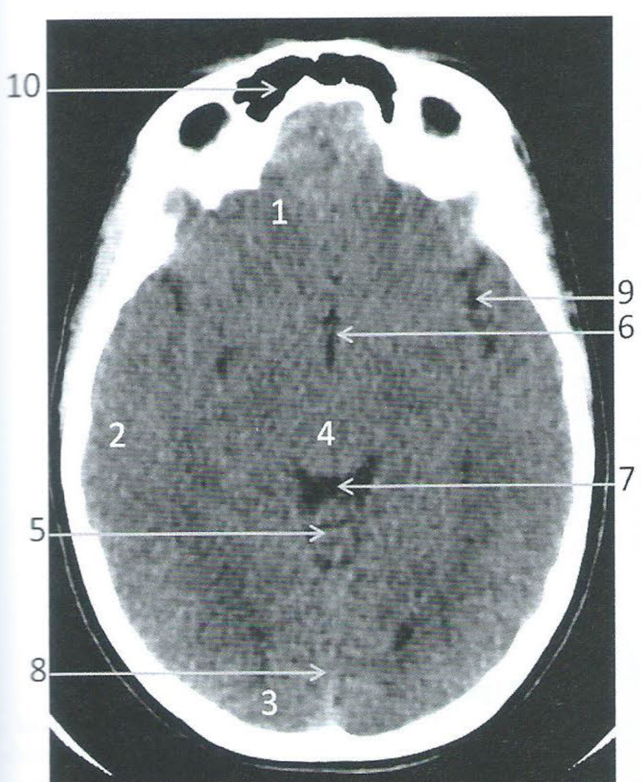


Figure 124 - Coupe 5
1) lobe frontal ; 2) lobe temporal ; 3) lobe occipital ; 4) diencéphale ; 5) cervelet (lobe antérieur) ; 6) troisième ventricule ; 7) citerne quadrigéminale ; 8) faux du cerveau ; 9) sillon latéral (de Sylvius) ; 10) sinus frontal.

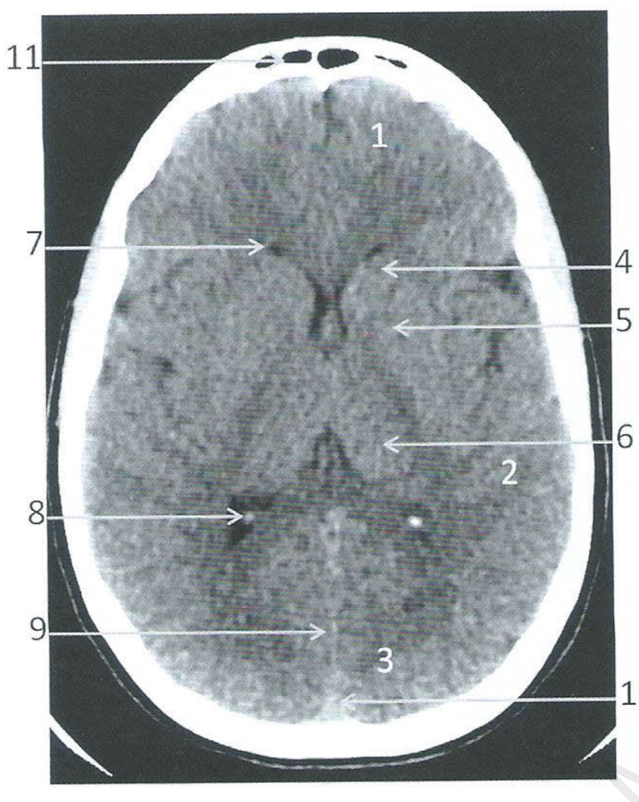


Figure 125 - Coupe 6
1) lobe frontal ; 2) lobe temporal ; 3) lobe occipital ; 4) noyau caudé (tête) ; 5) putamen ; 6) thalamus ; 7) ventricule latéral (corne antérieure) ; 8) plexus choroïde ; 9) faux du cerveau ; 10) sinus sagittal supérieur ; 11) sinus frontal.

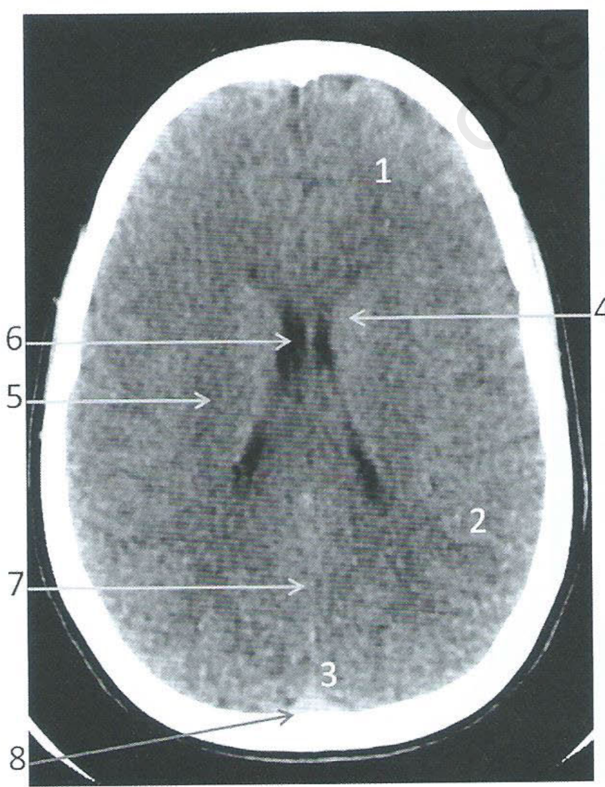


Figure 126 - Coupe 7
1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) lobe occipital ; 4) noyau caudé (tête) ; 5) corona radiata ; 6) ventricule latéral ; 7) faux du cerveau ; 8) sinus sagittal supérieur.

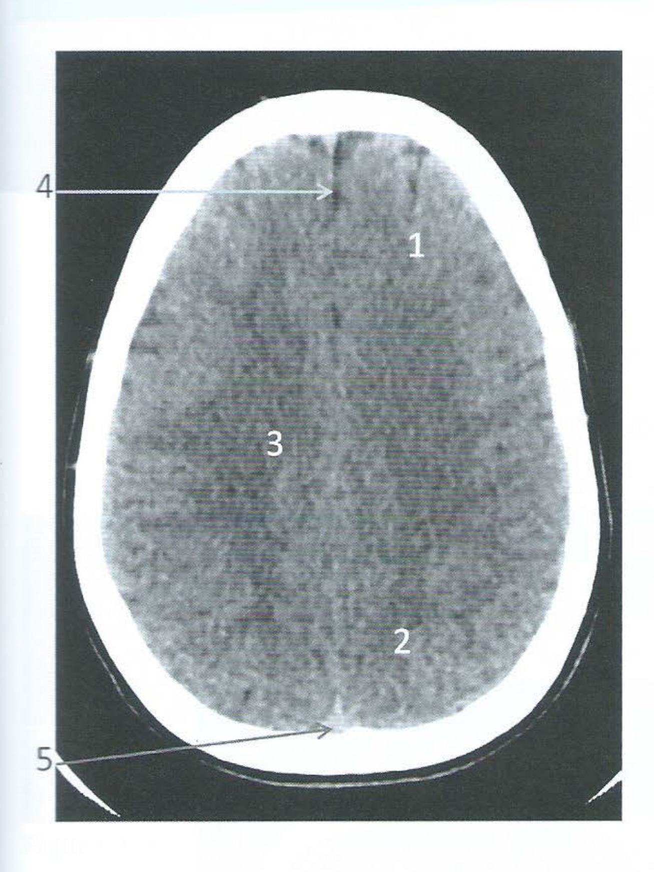
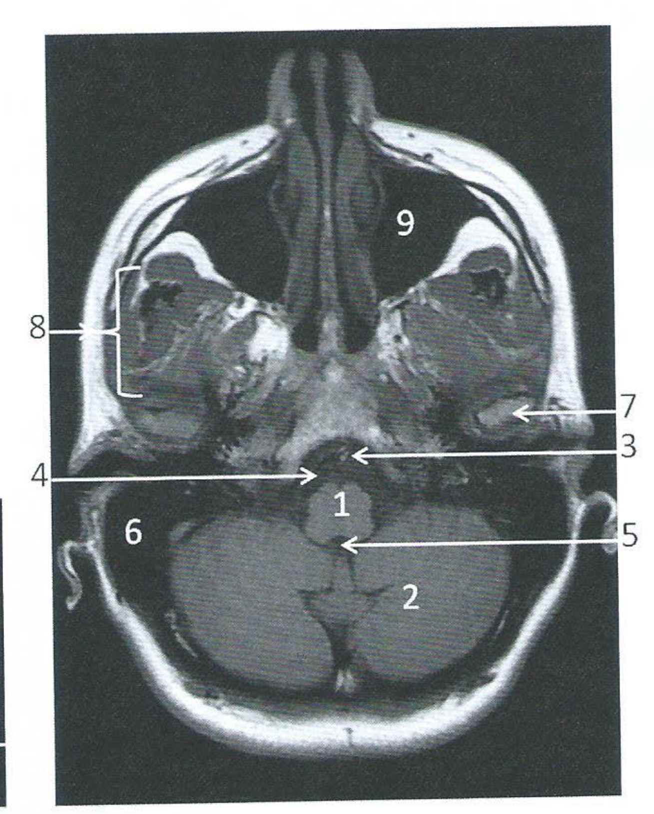


Figure 127 - **Coupe 8**
1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) corona radiata ; 4) faux du cerveau ; 5) sinus sagittal supérieur.

Chapitre 17
IRM cérébrale

Les images présentées sont des coupes d'IRM réalisées en séquence T1.
Le trait représenté sur la petite image sur la gauche représente le niveau de la coupe.
Pour éviter la surcharge, la latéralité a volontairement été omise.

1 Coupes axiales en séquence T1 sans injection de produit de contraste



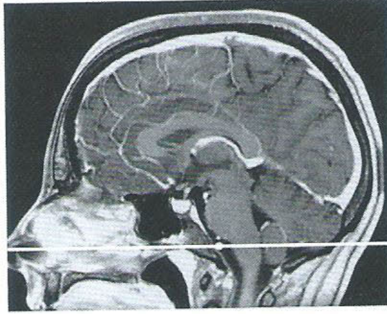
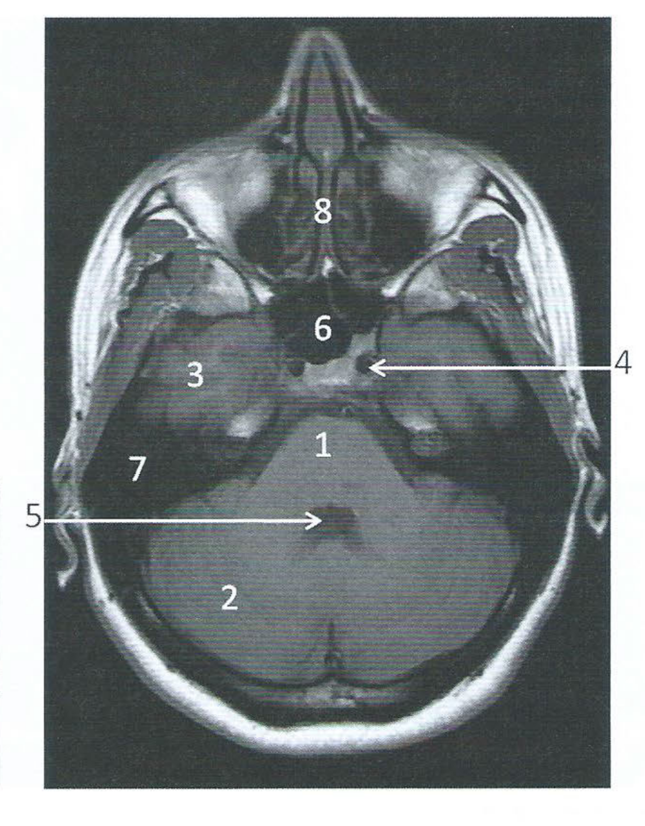


Figure 128 - Coupe axiale 1
1) moelle allongée ; 2) cervelet (lobe postérieur) ; 3) artère basilaire ; 4) citerne cérébro-médullaire latérale ; 5) quatrième ventricule ; 6) cellules mastoïdiennes ; 7) processus condylaire de la mandibule ; 8) muscles masséter, temporal et ptérygoïdien latéral (de gauche à droite) ; 9) sinus maxillaire.



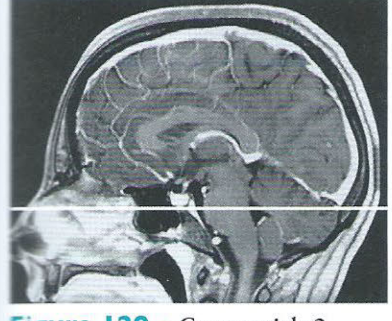


Figure 129 - Coupe axiale 2

1) pont ; 2) cervelet (lobe postérieur) ; 3) lobe temporal ; 4) artère carotide interne ; 5) quatrième ventricule ; 6) sinus sphénoïdal ; 7) cellules mastoïdiennes ; 8) cellules ethmoïdales.

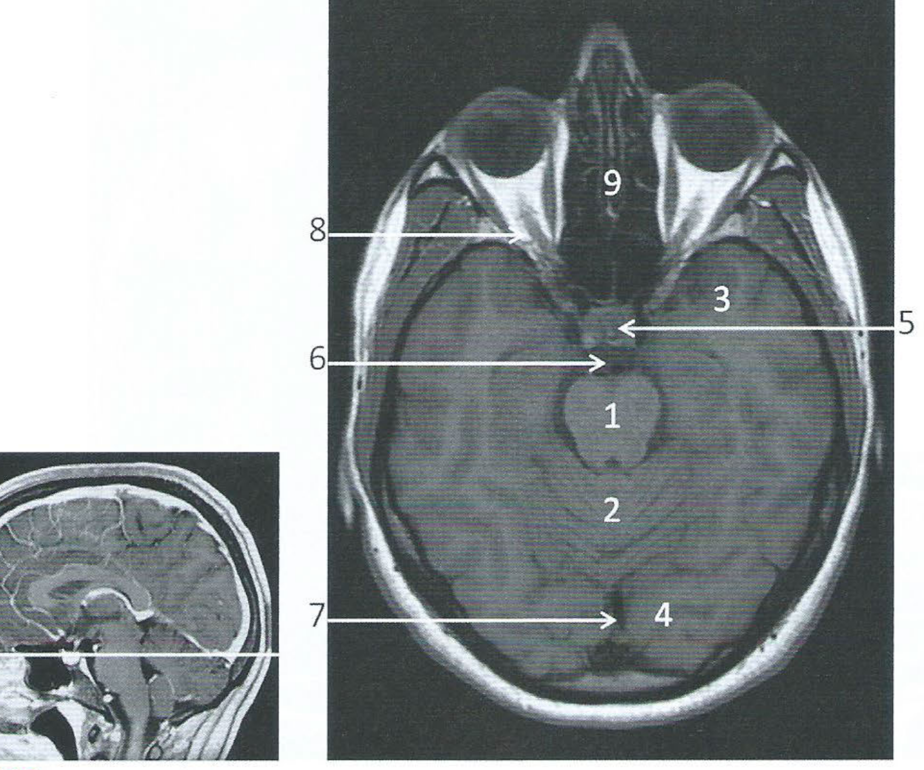


Figure 130 - Coupe axiale 3

1) mésencéphale ; 2) cervelet (lobe antérieur) ; 3) lobe temporal ; 4) lobe occipital ; 5) hypophyse ; 6) citerne interpédonculaire ; 7) sinus droit ; 8) nerf optique ; 9) cellules ethmoïdales.

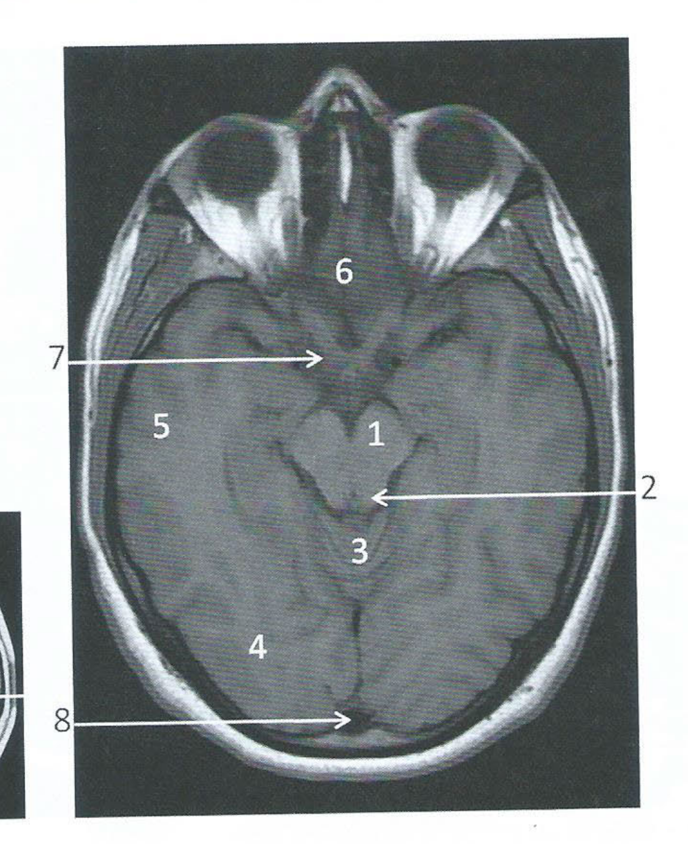
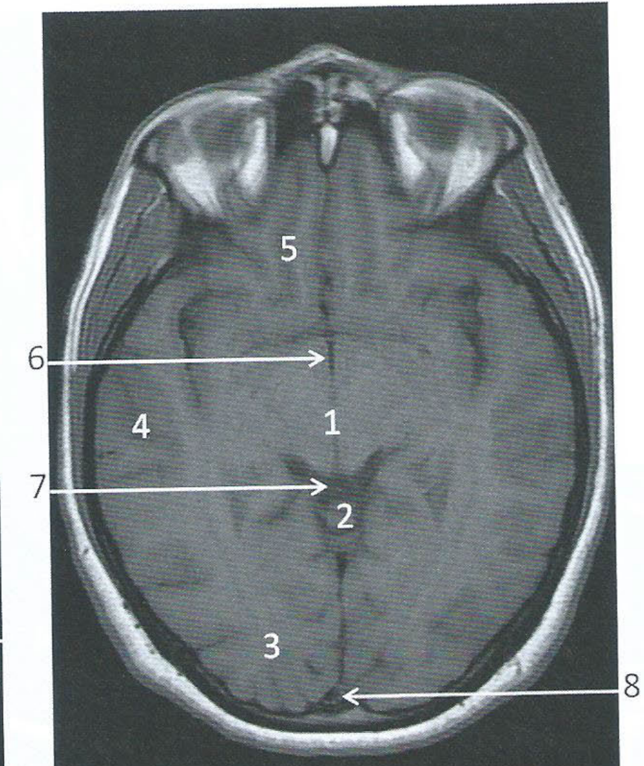


Figure 131 - Coupe axiale 4

1) mésencéphale (pédoncule cérébral) ; 2) mésencéphale (collicule inférieur) ; 3) cervelet (lobe antérieur) ; 4) lobe occipital ; 5) lobe temporal ; 6) lobe frontal ; 7) chiasma optique ; 8) sinus sagittal supérieur.



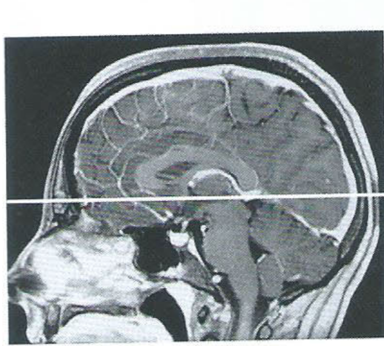


Figure 132 - Coupe axiale 5

1) diencéphale ; 2) cervelet (lobe antérieur) ; 3) lobe occipital ; 4) lobe temporal ; 5) lobe frontal ; 6) troisième ventricule ; 7) citerne quadrigéminale ; 8) sinus sagittal supérieur.

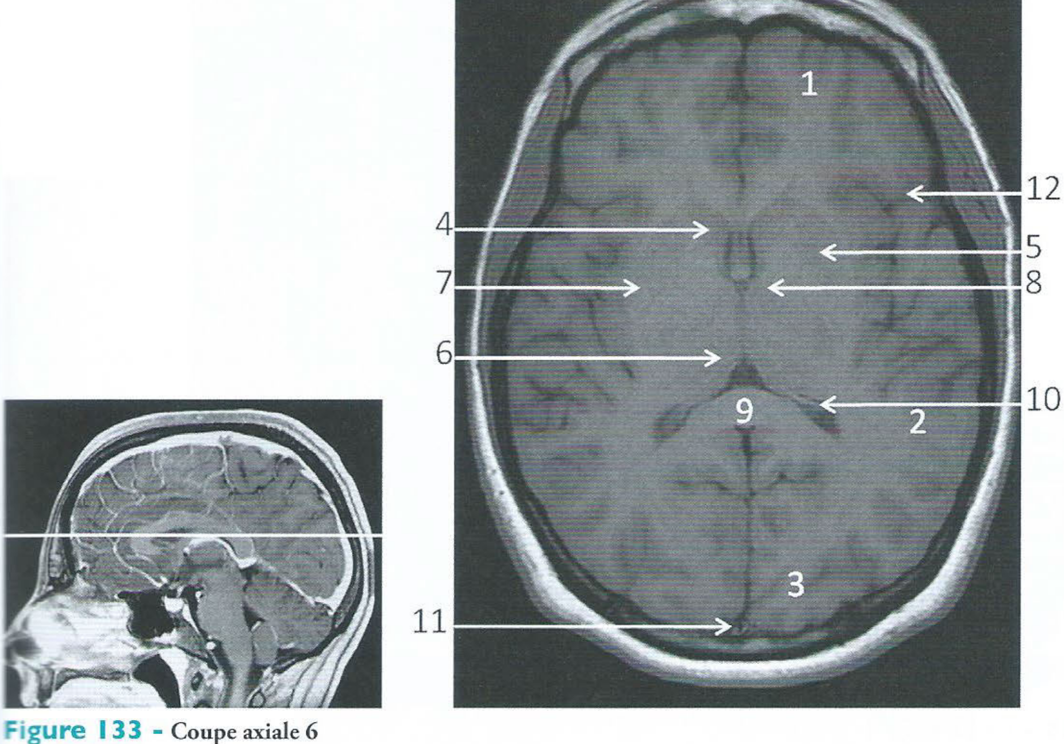


Figure 133 - **Coupe axiale 6**

1) lobe frontal ; 2) lobe temporal ; 3) lobe occipital ; 4) noyau caudé (tête) ; 5) putamen ; 6) thalamus ; 7) capsule externe ; 8) capsule interne ; 9) corps calleux (splénium) ; 10) plexus choroïde dans la corne postérieure du ventricule latéral ; 11) sinus sagittal supérieur.

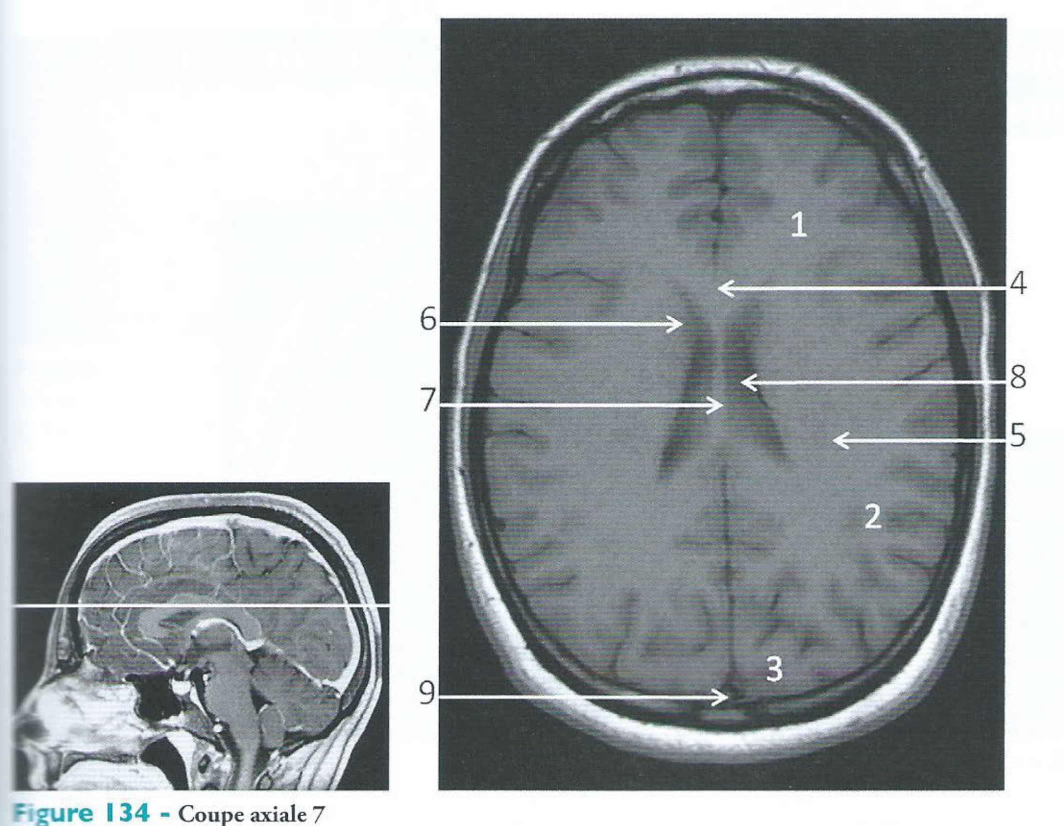


Figure 134 - **Coupe axiale 7**

1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) lobe occipital ; 4) corps calleux (genou) ; 5) corona radiata ; 6) noyau caudé (tête) ; 7) septum pellucidum ; 8) ventricule latéral ; 9) sinus sagittal supérieur.

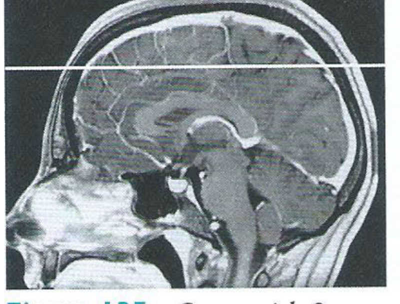


Figure 135 - Coupe axiale 8
1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) corona radiata ; 4) faux du cerveau ; 5) sinus sagittal supérieur.

2 Coupes sagittales en séquence T1 avec injection de produit de contraste

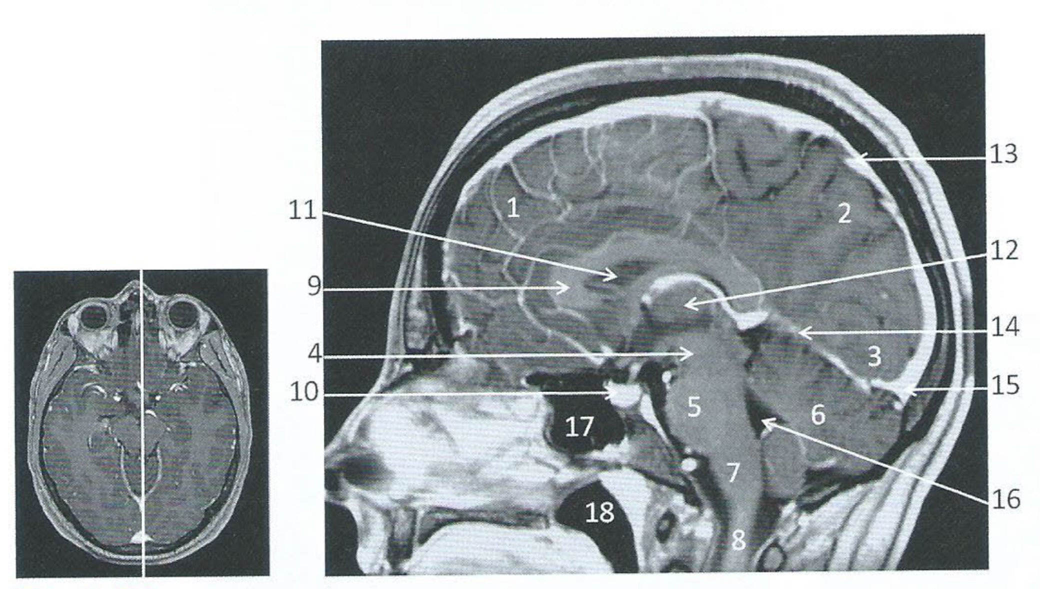


Figure 136 - Coupe sagittale 1
1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) lobe occipital ; 4) mésencéphale ; 5) pont ; 6) cervelet ; 7) moelle allongée ; 8) moelle épinière ; 9) corps calleux (genou) ; 10) hypophyse ; 11) septum pellucidum ; 12) commissure interthalamique ; 13) sinus sagittal supérieur ; 14) sinus droit ; 15) confluent des sinus ; 16) quatrième ventricule ; 17) sinus sphénoïdal et ethmoïdal ; 18) nasopharynx.

Figure 137 - Coupe sagittale 2

1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) lobe occipital ; 4) mésencéphale ; 5) cervelet ; 6) noyau caudé (corps) ; 7) noyau de la base ; 8) thalamus ; 9) sinus transverse ; 10) tente du cervelet ; 11) ventricule latéral ; 12) sinus maxillaire.

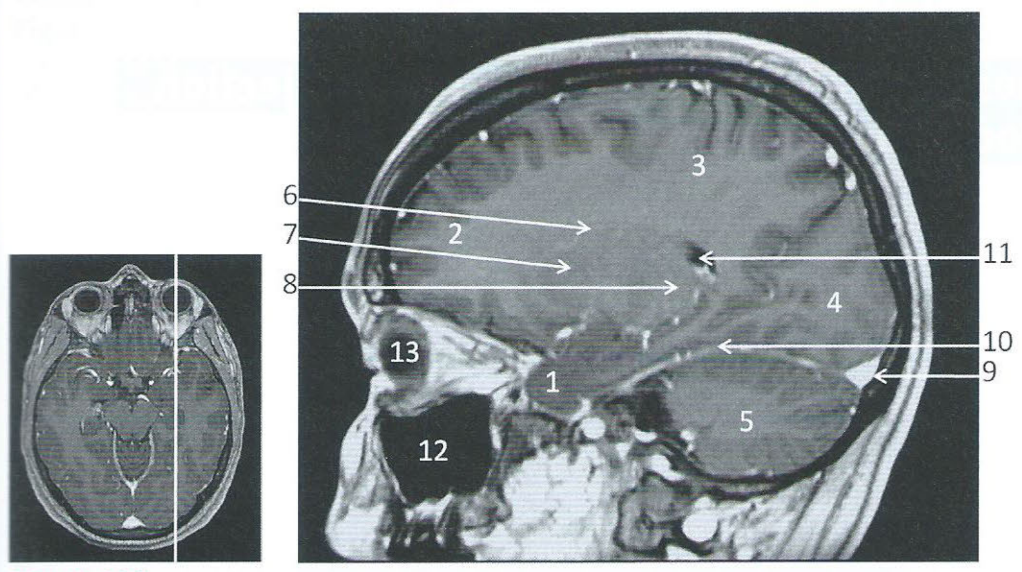


Figure 138 - Coupe sagittale 3

1) lobe temporal ; 2) lobe frontal ; 3) lobe pariétal ; 4) lobe occipital ; 5) cervelet ; 6) noyau caudé (corps) ; 7) noyau de la base ; 8) thalamus ; 9) sinus transverse ; 10) tente du cervelet ; 11) ventricule latéral ; 12) sinus maxillaire ; 13) orbite.

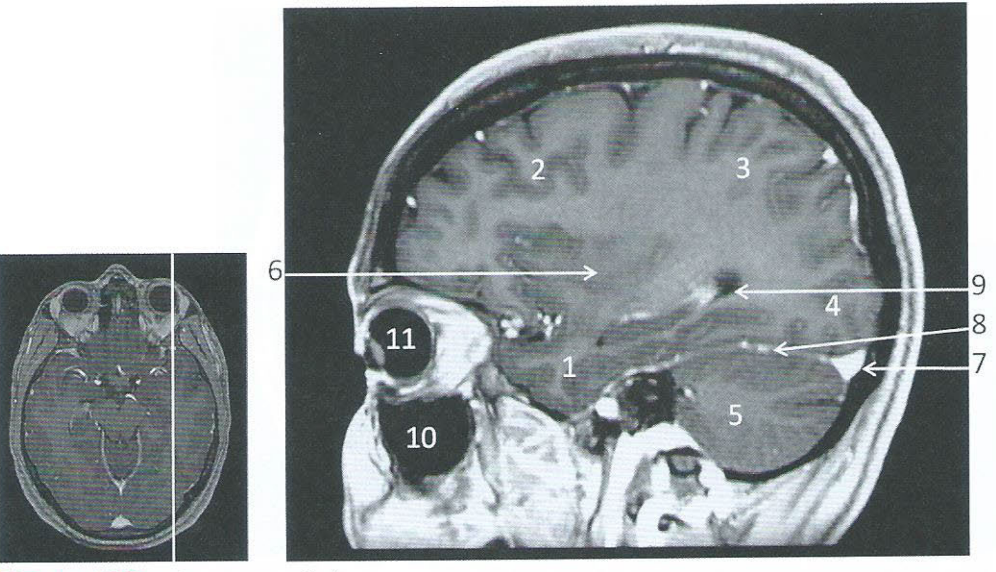


Figure 139 - **Coupe sagittale 4**
1) lobe temporal ; 2) lobe frontal ; 3) lobe pariétal ; 4) lobe occipital ; 5) cervelet ; 6) noyau de la base ; 7) sinus transverse ; 8) tente du cervelet ; 9) ventricule latéral ; 10) sinus maxillaire ; 11) orbite.

3 Coupes coronales en séquence T1 avec injection de produit de contraste

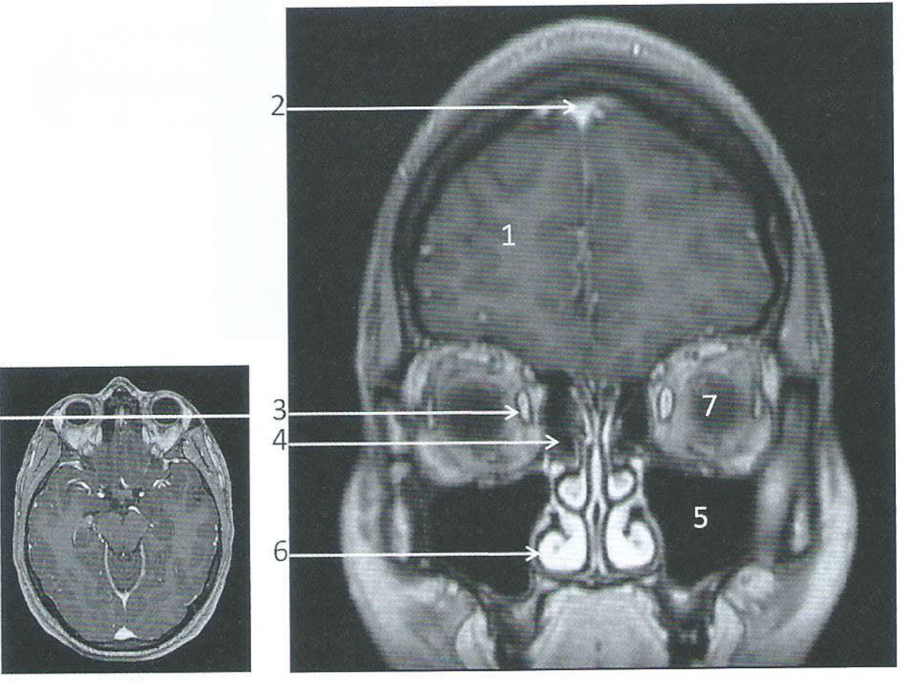


Figure 140 - **Coupe coronale 1**
1) lobe frontal ; 2) sinus sagittal supérieur ; 3) muscle droit médial de l'œil ; 4) cellules ethmoïdales ; 5) sinus maxillaire ; 6) cornet inférieur ; 7) bulbe de l'œil.

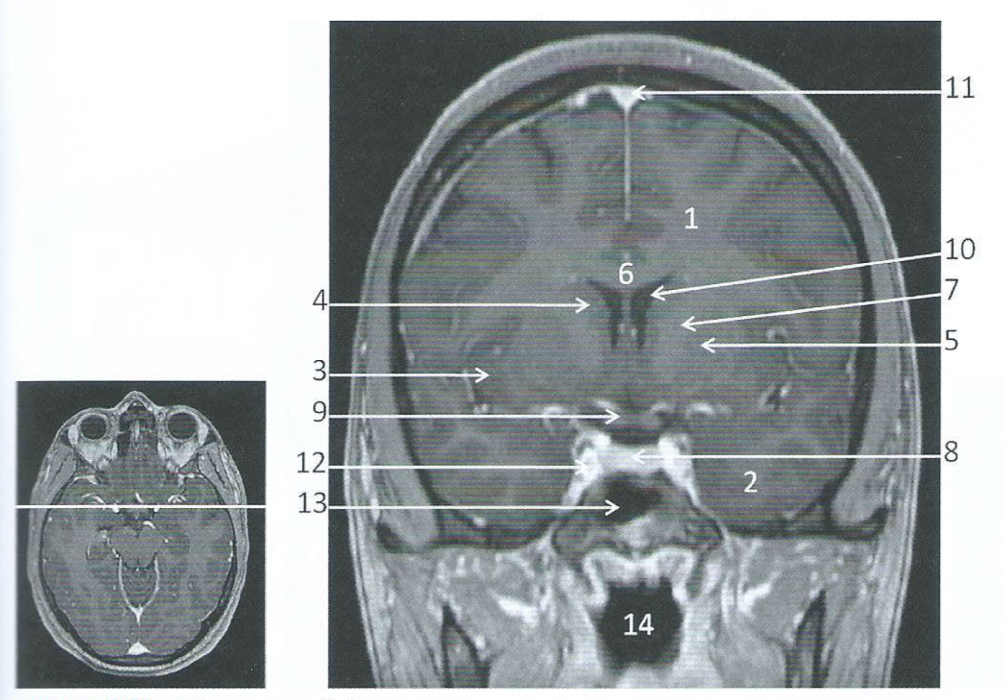


Figure 141 - Coupe coronale 2

1) lobe frontal ; 2) lobe temporal ; 3) insula ; 4) noyau caudé (tête) ; 5) putamen ; 6) corps calleux (genou) ; 7) capsule interne (bras antérieur) ; 8) hypophyse ; 9) chiasma optique ; 10) ventricule latéral ; 11) sinus sagittal supérieur ; 12) artère carotide interne ; 13) sinus sphénoïdal ; 14) nasopharynx.

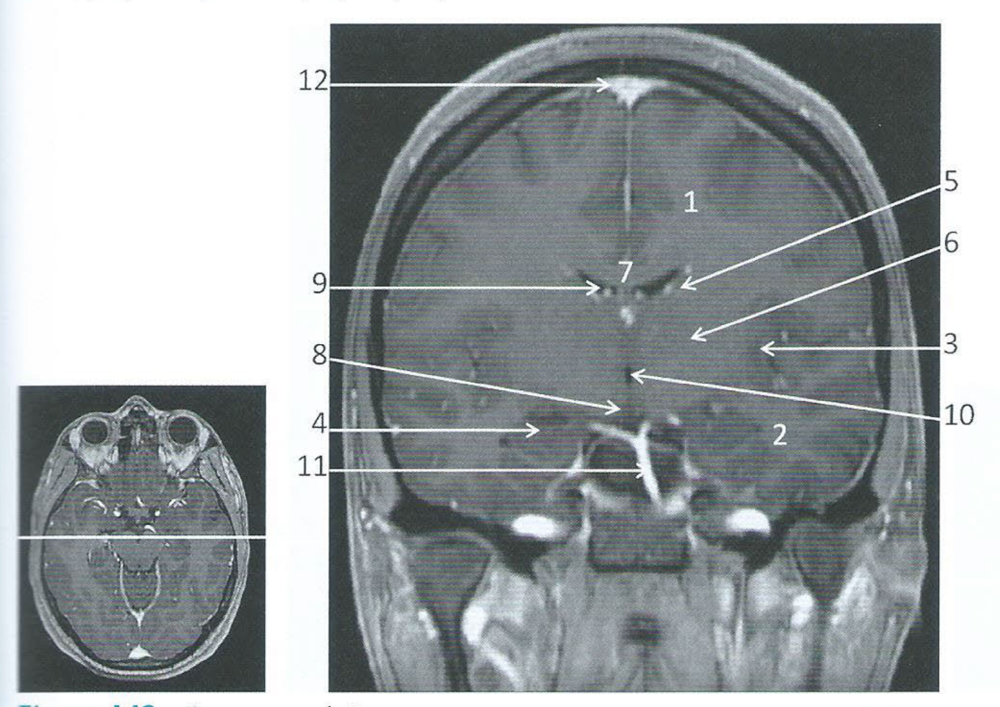


Figure 142 - Coupe coronale 3

1) lobe frontal ; 2) lobe temporal ; 3) insula ; 4) hippocampe ; 5) noyau caudé (corps) ; 6) noyau lenticulaire ; 7) corps calleux (tronc) ; 8) hypothalamus et corps mamillaire ; 9) ventricule latéral (corne frontale) ; 10) troisième ventricule ; 11) artère basilaire ; 12) sinus sagittal supérieur.

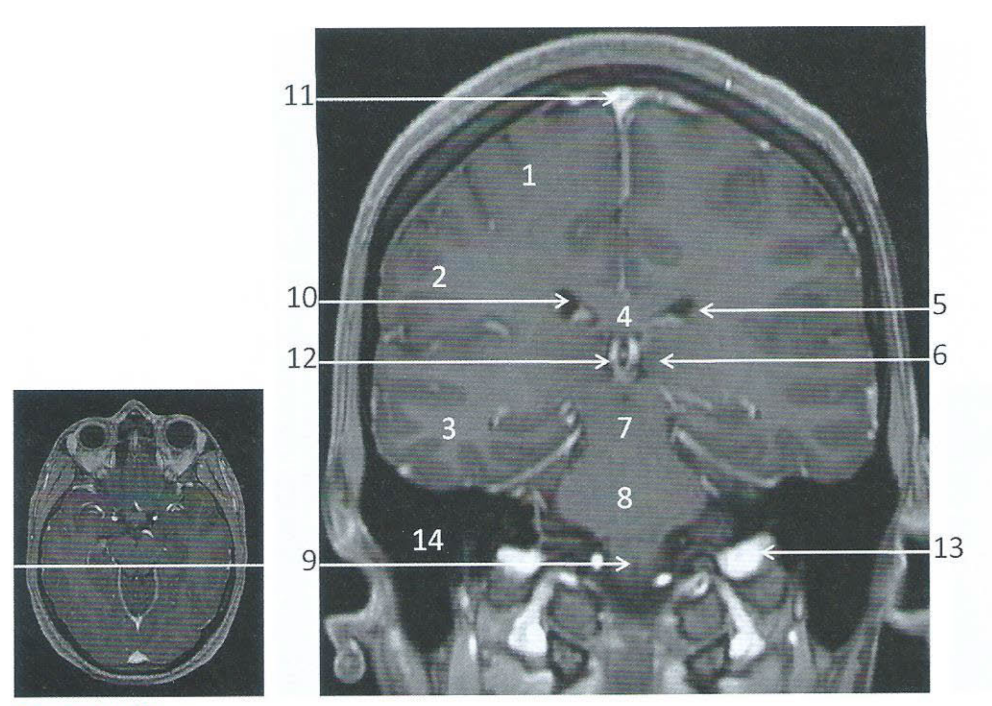


Figure 143 - Coupe coronale 4
1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) lobe temporal ; 4) corps calleux ; 5) noyau caudé ; 6) thalamus ; 7) mésencéphale ; 8) pont ; 9) moelle allongée ; 10) ventricule latéral ; 11) sinus sagittal supérieur ; 12) veine cérébrale interne ; 13) sinus sigmoïde ; 14) cellules mastoïdiennes.

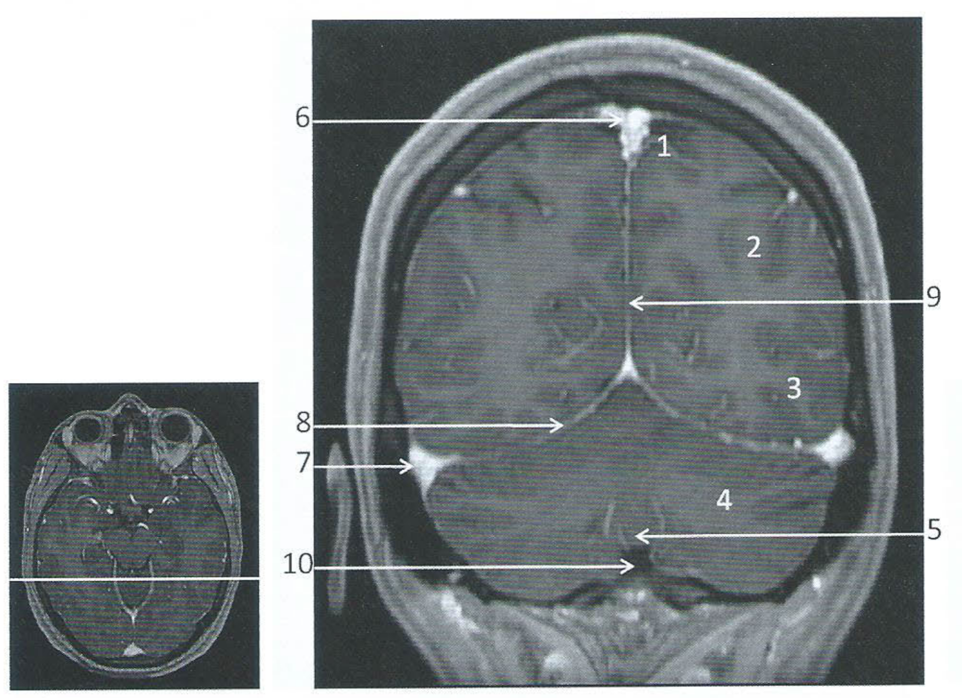


Figure 144 - Coupe coronale 5
1) lobe frontal ; 2) lobe pariétal ; 3) lobe temporal ; 4) cervelet ; 5) cervelet (uvule du vermis) ; 6) sinus sagittal supérieur ; 7) sinus transverse ; 8) tente du cervelet ; 9) faux du cerveau ; 10) grande citerne.

Partie 2

SÉMIOLOGIE RADIOLOGIQUE PAR APPAREILS

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette deuxième partie détaille, par appareils, les signes sémiologiques en imagerie des différentes pathologies. Cette description n'est bien sûr pas exhaustive, mais centrée sur les items du nouveau programme des ECN. Les objectifs d'apprentissage sont les suivants :

- **Revoir la physiopathologie pour comprendre les signes radiologiques qui en découlent.**
- **Connaître le rôle de l'imagerie (diagnostic positif, étiologique, complications…) et les principales modalités utilisées. Dans le cas de la TDM et de l'IRM, il est toujours précisé si l'injection de produit de contraste est nécessaire. Les techniques mentionnées (IRM, examens avec injection de produit de contraste) s'entendent bien sûr en l'absence de contre-indication.**
- **Intégrer les signes sémiologiques pour chaque pathologie en fonction des techniques utilisées. En complèment de la sémiologie décrite dans cette partie, n'hésitez pas à revenir sur les signes sémiologiques généraux et la description des différents examens (séquences IRM, protocoles TDM…) réalisée dans la première partie.**
- **Savoir interpréter des images radiographiques, tomodensitométriques, échographiques, d'IRM et de médecine nucléaire.**

Sous-partie 1

Appareil cardio-vasculaire

Chapitre 1

Œdème aigu du poumon (OAP) d'origine cardiogénique

Item n° 232. Insuffisance cardiaque de l'adulte

1 Physiopathologie

L'œdème aigu du poumon résulte d'une augmentation de la pression capillaire pulmonaire (secondaire à une insuffisance ventriculaire gauche le plus souvent) produisant :

- **un transsudat** de plasma dans le **tissu interstitiel** (œdème interstitiel) ;
- puis dans les **alvéoles** (œdème alvéolaire) ;
- responsable de la survenue d'**anomalies des échanges gazeux** et de dyspnée.

2 Imagerie

Elle participe au **diagnostic positif** en complément des signes cliniques. Elle peut permettre également d'éliminer des **diagnostics différentiels**. Enfin, elle est utile au **suivi**.

2.1 Modalités

2.1.1 Radiographie de thorax de face

Elle est le **seul examen recommandé** en première intention.

2.1.2 TDM thoracique

Elle **n'est pas indiquée dans la démarche diagnostique**. L'examen est cependant **parfois réalisé devant une dyspnée** dont l'étiologie n'est pas certaine, en particulier à la recherche d'une embolie pulmonaire. Il est utile de reconnaître un œdème aigu pulmonaire sur les coupes TDM sans injection (souvent réalisées dans ce contexte avant de prendre la décision d'injecter le produit de contraste) afin de renoncer à une injection de produit de contraste iodé susceptible d'aggraver les symptômes par augmentation brutale de la volémie.

2.2 Signes positifs

2.2.1 Dilatation des veines pulmonaires, redistribuées vers les sommets

Trame vasculaire devenant plus visible aux apex qu'aux bases (cet élément ne peut être visible que sur un cliché radiographique réalisé debout). Les veines dilatées sont directement visibles en TDM.

2.2.2 Œdème interstitiel

Épaississement des septums interlobulaires, devenant visibles sous formes d'opacités linéaires (lignes de Kerley à la radiographie), **œdème sous-pleural**, avec visibilité anormale d'une scissure sous forme d'une opacité linéaire épaisse ; **épaississement des tissus interstitiels péribroncho-vasculaires** : augmentation de calibre des hiles, qui prennent des bords flous, plages de verre dépoli (surtout visible en TDM).

2.2.3 Œdème alvéolaire

Opacités mal limitées, **floues**, **bilatérales** et symétriques, prédominant aux hiles avec aspect typique en « ailes de papillon ».

2.3 Signes associés

2.3.1 Épanchement pleural de la grande cavité

En général de **faible abondance** (comblement des récessus pleuraux), bilatéral, prédominant souvent à droite.

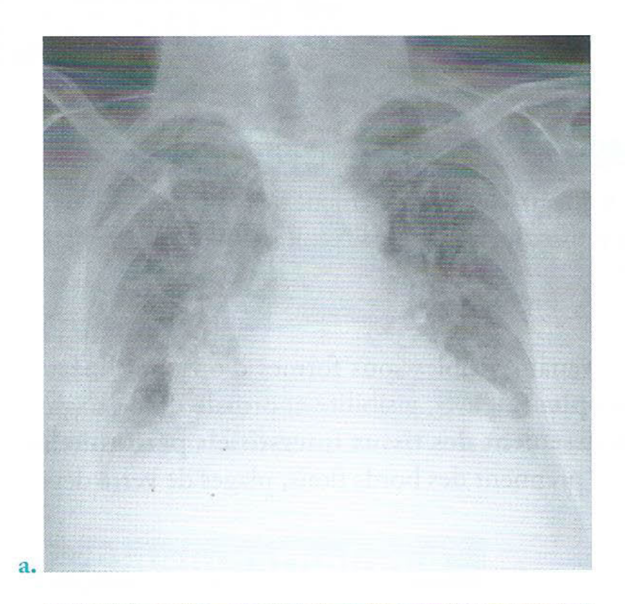
2.3.2 Cardiomégalie

Très **souvent associée** dans le cadre de la pathologie responsable de l'OAP, mais non indispensable au diagnostic.

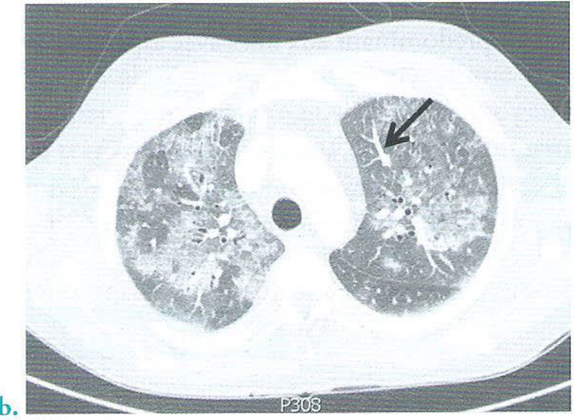
Pour aller plus loin

Œdème aigu du poumon d'origine lésionnel ou syndrome de détresse respiratoire de l'adulte

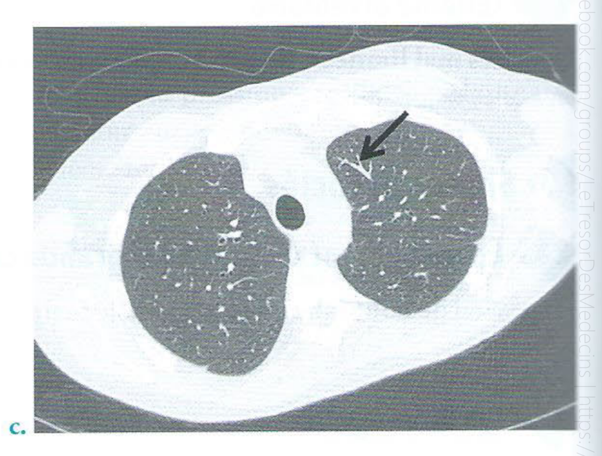
Il s'agit d'une altération des échanges gazeux, résultant d'une lésion primitive de la membrane alvéolo-capillaire (inhalation de toxiques, choc septique, coagulation intravasculaire disséminée, noyade…). Il se traduit par un syndrome alvéolaire diffus, bilatéral, sans distribution péri-hilaire.



a.



b.



c.

Figure 145 - Œdème aigu du poumon d'origine cardiogénique

a. radiographie de thorax de face : cardiomégalie, opacités péri-hilaires mal limitées, confluentes de type alvéolaire, opacités linéaires, comblement des récessus pleuraux traduisant un épanchement pleural bilatéral ; **b.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. Plages de verre dépoli des apex, avec augmentation de calibre des veines pulmonaires (flèche). La veine est facilement différenciée d'une artère car elle n'accompagne pas de bronche (la TDM n'était pas réalisée pour le diagnostic positif de l'OAP) ; **c.** TDM thoracique sans injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que b après résolution de l'OAP) : régression complète des plages de verre dépoli, diminution de la taille des veines pulmonaires (flèche).

Chapitre 2
Pathologie thrombo-embolique

Item n° 224. Thrombose veineuse profonde et embolie pulmonaire

1 Thrombose veineuse profonde (TVP)

1.1 Physiopathologie

Il s'agit de la **formation d'un thrombus oblitérant** en partie ou totalement la lumière veineuse. Les conséquences sont les suivantes :

- **augmentation de calibre** de la veine et **inflammation pariétale** (à la phase aiguë), à l'origine de douleurs ;
- **stase veineuse d'amont** responsable d'un œdème (signe tardif) ;
- **risque de migration** du thrombus dans les artères pulmonaires.

Les facteurs de risque sont **congénitaux** (thrombophilie) et/ou **acquis** (âge, immobilisation, chirurgie, grossesse, cancer, syndrome des antiphospholipides…).

1.2 Imagerie

Elle pose le **diagnostic positif** et permet éventuellement le **suivi**.

1.2.1 Modalités

Échographie-doppler veineux des membres inférieurs

C'est l'**examen de référence** pour le diagnostic de TVP. Sa sensibilité et sa spécificité sont excellentes pour les thromboses proximales (fémorales et poplitées). Elles sont un peu moins bonnes pour les thromboses surales, en particulier lorsque les conditions d'examen sont difficiles (obésité, œdème important des membres inférieurs, patient non mobile).

Phlébo-TDM

L'acquisition TDM est centrée sur les membres inférieurs à un temps tardif après injection de produit de contraste, et réalisée à la suite d'une angio-TDM thoracique pour la recherche d'embolie pulmonaire. Encore peu utilisée en routine, ses performances sont bonnes, mais **aux dépens d'une irradiation supplémentaire** (comparé à l'échographie-doppler).

Phlébographie des membres inférieurs

Cette technique **n'est plus utilisée** dans cette indication.

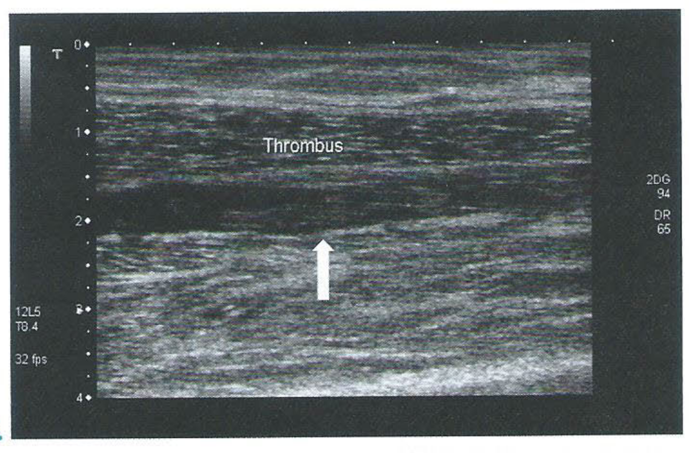
1.2.2 Signes positifs

Le tableau 21 résume les signes directs et indirects de TVP à l'échographie-doppler des membres inférieurs.

Le meilleur signe est l'incompressibilité de la veine thrombosée sous la sonde d'échographie.

Signes directs et indirects de TVP à l'échographie-doppler des membres inférieurs

Signe direct : visualisation du thrombus	Signes indirects : conséquences de la thrombose
Formation endoluminale hyperéchogène par rapport au sang circulant, homogène et bien limitée	Incompressibilité de la veine thrombosée sous la sonde d'échographie
	Augmentation de calibre de la veine
	Immobilité des valvules
	Absence de flux doppler spontané ou lors des manœuvres de chasse (compression veineuse d'amont) dans la veine
	Augmentation du débit dans les veines collatérales, qui présentent un flux continu



a.

b.

Figure 146 - Thromboses veineuses profondes

a. échographie veineuse du membre inférieur, coupe longitudinale ; contenu échogène (flèche blanche) au sein d'une veine non compressible sous la sonde d'échographie : thrombose veineuse profonde surale (veine tibiale postérieure) ;
b. phlébo-TDM, coupe axiale centrée sur le tiers inférieur de la diaphyse fémorale : augmentation de volume de la veine poplitée gauche (flèche pleine, regarder par rapport à la veine poplitée droite normale : flèche pointillée) et défaut d'opacification (hypodensité intraluminale) : thrombose veineuse profonde poplitée gauche.

2 Embolie pulmonaire

2.1 Physiopathologie

Il s'agit de la **migration d'une embole** (le plus souvent cruorique) **dans l'arbre artériel pulmonaire** qui provoque une oblitération brutale proximale et/ou distale des vaisseaux artériels pulmonaires avec :

- **des conséquences pulmonaires** : redistribution de la perfusion dans les territoires sains, phénomène de bronchoconstriction dans les territoires atteints pour favoriser la ventilation des territoires sains ;
- **des conséquences cardiaques** : hypertension artérielle pulmonaire précapillaire et insuffisance cardiaque droite aiguë.

2.2 Imagerie

Le but de l'imagerie est de poser le **diagnostic positif**, ou de proposer un **diagnostic différentiel** devant les signes cliniques.

2.2.1 Modalités

Radiographie de thorax de face

C'est **l'examen de première intention** en cas de dyspnée faisant suspecter une embolie pulmonaire, son intérêt est principalement **d'éliminer un diagnostic différentiel**. Les signes positifs sont uniquement indirects, aspécifiques, peu sensibles, et en général retrouvés seulement *a posteriori*.

Angio-TDM thoracique

C'est **l'examen de première intention** pour **le diagnostic positif**. La sensibilité est excellente pour les embolies pulmonaires proximales, elle diminue cependant en distalité. Il permet également de rechercher un diagnostic différentiel.

Angiographie pulmonaire

Autrefois examen de référence, il est aujourd'hui détrôné par l'angio-TDM. Il reste de pratique exceptionnelle, **en cas d'indication à un geste thérapeutique** (thromboaspiration des artères pulmonaires).

Scintigraphie pulmonaire de ventilation et de perfusion

Cet examen est en général de **deuxième intention**, réservé en cas de contre-indication à l'angio-TDM.

Avantages et inconvénients de l'angio-TDM et de la scintigraphie pulmonaires

	Angio-TDM pulmonaire	Scintigraphie pulmonaire de ventilation/perfusion
Avantages	‣ Disponibilité en urgence ‣ Réalisation rapide ‣ Très bonne valeur prédictive positive ‣ Très bonne sensibilité pour les artères proximales ‣ Recherche de diagnostic différentiel	‣ Pas d'injection de produit de contraste iodé ‣ Très bonne valeur prédictive négative si probabilité clinique faible
Inconvénients	‣ Nécessité d'une injection de produit de contraste iodé ‣ Sensibilité diminuée pour les artères distales	‣ Disponibilité réduite ‣ Faible spécificité ‣ Nombreux cas douteux ‣ Difficilement interprétable en cas d'anomalie parenchymateuse sous-jacente ‣ Coût élevé

Angio-IRM thoracique

Elle n'est pas à ce jour utilisée en pratique courante pour le diagnostic d'embolie pulmonaire. Obtenir un examen satisfaisant du point de vue technique est difficile dans la plupart des centres et son accessibilité en urgence est limitée.

Échographie cardiaque

Elle met difficilement en évidence le thrombus lui-même (uniquement s'il est proximal). Son rôle est essentiellement de chercher **des signes de gravité** de l'embolie pulmonaire.

2.2.2 Signes positifs

TDM et radiographie de thorax

Signe direct (TDM)

Défaut d'opacification partiel ou total de la lumière d'un vaisseau artériel pulmonaire correspondant au **thrombus moulé par le produit de contraste.**

Signes indirects (TDM et radiographie de thorax)

- **Infarctus pulmonaire** en cas d'embolie pulmonaire distale : opacité alvéolaire grossièrement triangulaire à base sous-pleurale et à sommet tronqué.
- **Raréfaction vasculaire** en aval du territoire embolisé : hyperclarté pulmonaire systématisée (radiographie), diminution du calibre des vaisseaux (TDM).
- **Réaction inflammatoire locale** : épanchement pleural de faible abondance.
- **Bronchoconstriction** : atélectasie en bande et ascension d'une hémicoupole diaphragmatique.

Scintigraphie

Défaut de perfusion dans un **territoire normalement ventilé** : discordance ou *mismatch*. Examen précocément positif. Secondairement, un défaut de ventilation apparaît dans le territoire atteint par les phénomènes emboliques en raison de la bronchoconstriction adaptative (régression du *mismatch*).

2.2.3 Signes de gravité

En TDM ou en échographie cardiaque : **dilatation des cavités cardiaques droites** avec au maximum aspect de « **septum paradoxal** » (septum interventriculaire bombant dans le ventricule gauche).
En TDM uniquement : un important **reflux de produit de contraste** dans les veines hépatiques.

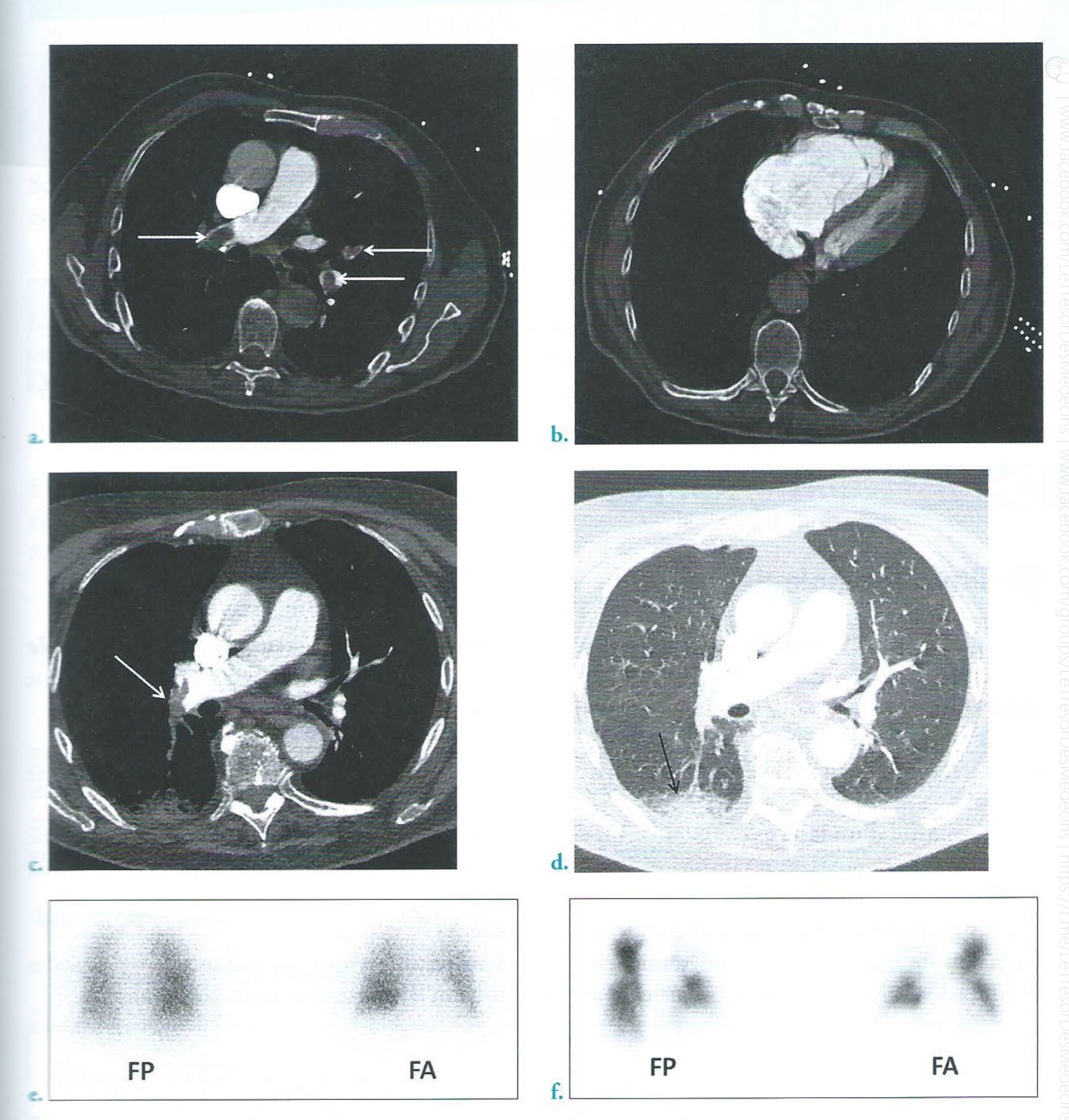


Figure 147 - Embolies pulmonaires

a. et b. angio-TDM thoracique, coupes axiales, fenêtre médiastinale ; a. défaut d'opacification bilatérale des artères pulmonaires (flèches) correspondant à des thrombus dans l'artère pulmonaire droite, l'artère lobaire inférieure gauche et l'artère lingulaire ; b. même patient que a, importante dilatation du ventricule droit (dont le diamètre est devenu plus gros que celui du ventricule gauche, et qui le comprime) avec bombement du septum vers le ventricule gauche (septum paradoxal) témoignant de l'insuffisance cardiaque droite ; c. et d. : angioTDM thoracique, coupes axiales chez le même patient ; c. fenêtre médiastinale. Thrombus de l'artère lobaire inférieure droite (flèche) et d'une artère segmentaire en aval ; d. fenêtre parenchymateuse pulmonaire. Opacité alvéolaire grossièrement triangulaire à base pleurale du lobe inférieur droit (flèche) correspondant à un infarctus pulmonaire. e. et f. : scintigraphie pulmonaire, incidences de face (face postérieure à gauche « FP », face antérieure à droite « FA » ; e. ventilation ; fixation normale des deux poumons (le poumon gauche apparaît plus petit sur la face antérieure en raison de l'ombre cardiaque) ; f. perfusion (même patient que e.) ; multiples défects périphériques bilatéraux, discordants avec la ventilation, posant le diagnostic d'embolie pulmonaire.

Chapitre 3
Pathologie artérielle

Item n° 221. Hypertension artérielle de l'adulte
Item n° 223. Artériopathie oblitérante de l'aorte, des artères viscérales et des membres inférieurs. Anévrysmes
Item n° 228. Douleur thoracique aiguë et chronique

1 Dissection aortique

1.1 Physiopathologie

C'est une **déchirure intimale de l'aorte**, pouvant être favorisée par des **facteurs de fragilité intimale** congénitaux (maladie du collagène) ou acquis (athérome), et/ou se produisant sous l'effet d'une **contrainte pariétale** particulièrement forte (hypertension artérielle, traumatisme thoracique).
Ses conséquences sont :

- une **issue de sang dans la média** avec apparition d'un **clivage** (dissection) entre ses couches interne et externe ;
- la **formation d'un faux chenal**, séparé du vrai chenal (aorte circulante) par un « **flap** » (membrane flottante correspondant à l'intima et la couche interne de la média). L'extension du faux chenal peut être antérograde ou rétrograde ;
- une **possible extension aux collatérales aortiques**.

La déchirure intimale a lieu préférentiellement sur l'**aorte thoracique ascendante**, au-dessus des ostiums des artères coronaires, ou juste **en aval de l'ostium de l'artère sous-clavière gauche**.

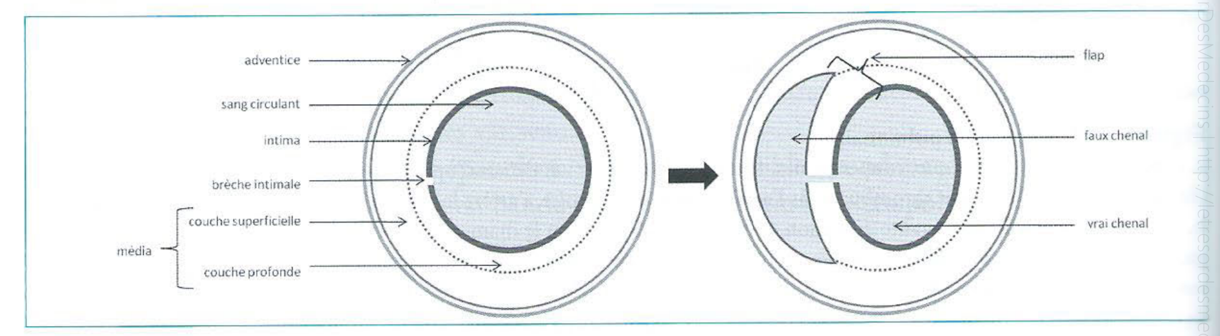


Figure 148 - Brèche intimale de l'aorte responsable de la formation d'un vrai et d'un faux chenal

1.2 Imagerie

Ses rôles sont multiples : **diagnostic positif**, **bilan d'extension** et **des complications** à visée **thérapeutique**, **surveillance**.

1.2.1 Modalités

Radiographie de thorax de face

Son intérêt est limité à la recherche d'un élargissement médiastinal (signe peu sensible) et d'un éventuel diagnostic différentiel de douleur thoracique.

Angio-TDM panaortique

C'est **l'examen de référence en urgence**. Il réalise le diagnostic positif, détecte l'extension et les complications, pose les indications thérapeutiques (intervention chirurgicale ou traitement médical). Quelle que soit la modalité thérapeutique choisie, il est utilisé également pour la surveillance.

Angio-IRM panaortique

Elle est **rarement réalisée en urgence** pour des questions de disponibilité mais également parce qu'il s'agit d'un examen dont la réalisation est longue et nécessitant la tenue d'apnée. Elle est utilisée en revanche pour la **surveillance**.

Angiographie aortique

Historiquement examen de référence, **elle n'est plus utilisée** car remplacée par l'angio-TDM.

Échographie cardiaque

Elle permet le diagnostic d'élargissement aortique dans les **dissections de l'aorte ascendante**. Il détecte également une **insuffisance aortique** par extension de la dissection à la valve, et/ou un épanchement péricardique en cas d'atteinte de l'aorte ascendante. Son avantage est de pouvoir être **réalisée au lit** du patient hémodynamiquement instable. Elle est insuffisante pour le bilan de la pathologie.

1.2.2 Signes positifs

Radiographie de thorax

Élargissement médiastinal.

Angio-TDM et angio-IRM

Élargissement du calibre aortique avec visualisation d'un **faux chenal** dont l'opacification peut être incomplète ou retardée, séparé du vrai chenal par le « **flap** » *(voir figure 148)*.
Le diagnostic positif précise la **localisation** de la dissection. Il existe plusieurs classifications, la seule couramment utilisée est celle de Stanford, fondée sur l'indication thérapeutique.

Classification de Stanford des dissections aortiques

Type de dissection	Description	Traitement
A	Dissection intéressant l'aorte ascendante	Chirurgical urgent
B	Dissection n'intéressant pas l'aorte ascendante	Traitement médical et surveillance (traitement parfois chirurgical dans un deuxième temps en fonction de l'évolution)

1.2.3 Complications

Angio-TDM et angio-IRM :

- **extension de la dissection** aux collatérales de l'aorte : coronaires, troncs supra-aortiques, artères digestives (tronc cœliaque, artères mésentériques supérieure et inférieure), artères rénales, et aux artères iliaques. L'extension peut être vue par des **signes directs** : flap se poursuivant sur la collatérale, ou des **signes indirects** : ischémie viscérale se traduisant par le défaut de rehaussement parenchymateux d'un rein par exemple ;
- **épanchement péricardique** ;
- **épanchement pleural**.

1.2.4 Surveillance

Angio-TDM et angio-IRM :

- **surveillance d'un montage chirurgical** après une intervention ;
- **contrôle de l'évolution naturelle** d'une dissection non opérée (calibre aortique, extension) en cas de traitement médical.

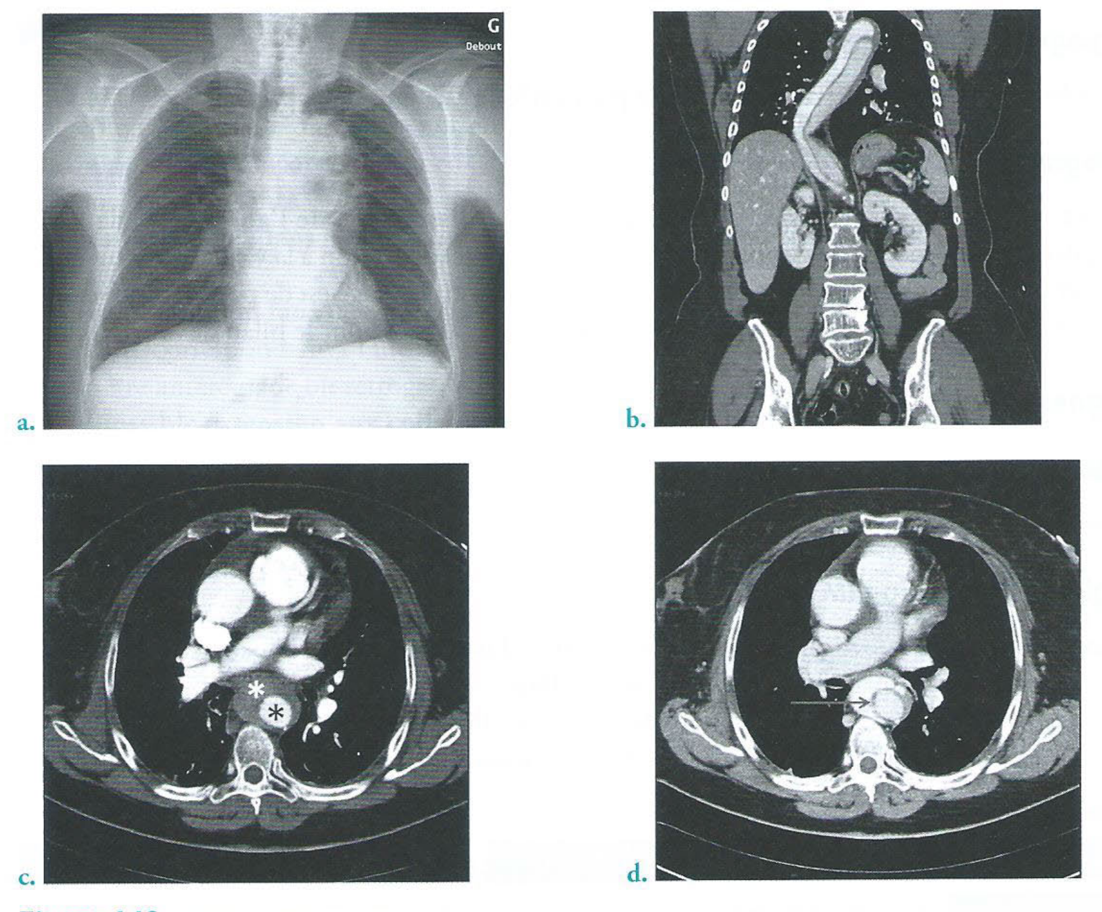


Figure 149 - Dissections aortiques

a. radiographie de thorax montrant un élargissement médiastinal ; **b. c. d.** angio-TDM panaortique chez un sujet présentant une dissection aortique de type B ; **b.** reconstruction coronale : la dissection s'étend depuis la crosse aortique jusqu'à l'aorte abdominale ; **c.** coupe axiale à un temps artériel précoce : le vrai chenal est opacifié (étoile noire), tandis que le faux chenal ne l'est pas (étoile blanche) ; **d.** même coupe à un temps d'acquisition plus tardif : le faux chenal est également opacifié. Le flap (flèche) est bien mis en évidence.

2 Anévrysme de l'aorte et de ses branches

2.1 Physiopathologie

L'anévrysme résulte de l'**altération pariétale** d'une artère, le plus souvent sous l'effet de facteurs de risque cardio-vasculaires. C'est une **dilatation localisée** de la paroi vasculaire, qui se présente sous deux formes :
- **anévrysme sacciforme** : sac anévrysmal communicant avec le vaisseau circulant via un collet ;
- **anévrysme fusiforme** : perte de parallélisme des parois artérielles responsable d'une augmentation globale du calibre du vaisseau, sans collet.

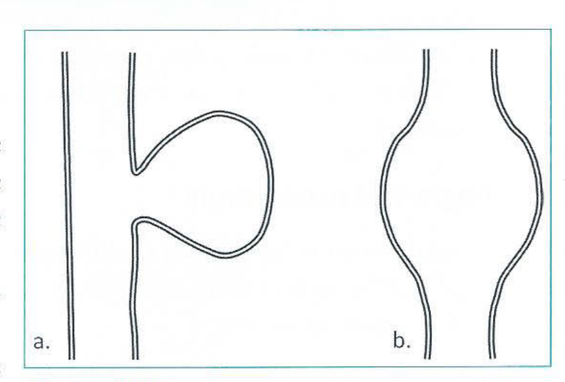


Figure 150 - Anévrysmes
a. anévrysme sacciforme ; **b.** anévrysme fusiforme.

Ses risques évolutifs sont de deux types :
- augmentation de diamètre de l'anévrysme, à une vitesse variable, avec risque d'**extension**, de **fissuration**, ou de **rupture** ;
- risque de **thrombose** et d'**embolie distale** en aval de l'anévrysme.

Tous les étages peuvent être atteints, mais les anévrysmes de l'**aorte abdominale** sont **les plus fréquents** et siègent dans 85 % des cas en position **sous-rénale**.

Plus rarement, les anévrysmes sont secondaires à des anomalies congénitales du tissus élastique (maladie de Marfan), à des étiologies traumatiques, infectieuses (anévrysmes mycotiques) ou inflammatoires (vascularites).

Localisations anévrysmales extra-aortiques

Type d'anévrysme	Localisations par ordre de fréquence
Intracrânien	▸ Polygone de Willis +++ : artère communicante antérieure, terminaison de la carotide interne, artère sylvienne ▸ Autre : artère basilaire, artère vertébrale
Autres artères périphériques	▸ Artère iliaque (accompagne souvent les anévrysmes aortiques sous-rénaux) ▸ Artère fémorale ▸ Artère poplitée ▸ Artères des membres supérieurs

2.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif**, précise les caractéristiques de l'anévrysme à visée **préthérapeutique**, recherche des **signes de gravité** et d'autres localisations athéromateuses. Elle permet également la **surveillance**.

2.2.1 Modalités

Échographie-doppler abdominal

C'est **l'examen de première intention** devant une suspicion clinique d'anévrysme de l'aorte abdominale. L'anévrysme de l'aorte abdominale peut également être de **découverte de façon fortuite** chez un patient pour lequel l'échographie a été demandée pour un autre motif. L'examen peut être limité par la corpulence du patient et est en général insuffisant pour le bilan précis d'un anévrysme de l'aorte abdominale.

Angio-TDM panaortique

Elle est indiquée pour le diagnostic positif de l'anévrysme, et pour **l'évaluation précise** de sa taille et de sa localisation à visée préthérapeutique. Elle fait également le bilan des éventuelles autres localisations anévrysmales (on réalise donc une acquisition panaortique : incluant l'aorte thoracique et abdominale).

Angio-IRM panaortique

Ses indications sont les mêmes que l'angio-TDM, avec un bémol quant à sa disponibilité et son analyse plus difficile des calcifications pariétales, et l'avantage de ne pas utiliser de produit de contraste iodé et d'être non irradiante.

Angiographie aortique

En raison de son caractère invasif, elle est en général réservée **en deuxième intention** aux indications thérapeutiques (pose d'endoprothèse). De plus, elle ne permet de visualiser que la partie circulante d'un anévrysme et peut donc sous-estimer le diamètre d'un anévrysme partiellement thrombosé.

2.2.2 Signes positifs

Perte de parallélisme des bords du vaisseau (calibre supérieur à 3 cm pour l'aorte abdominale).
Doivent être précisés :
- le **caractère fusiforme** ou **sacciforme** ;
- la **localisation précise** de l'anévrysme (pour l'aorte abdominale, distance de son collet supérieur et de son collet inférieur par rapport aux artères rénales et aux artères iliaques à but préthérapeutique) ;
- le **diamètre maximal** de l'anévrysme et le **diamètre circulant** en cas de thrombus mural ;
- la **hauteur totale**.

2.2.3 Complication

La complication est la rupture de l'aorte.

Recherche de facteurs de risque accru de rupture

- Diamètre total **supérieur à 50 mm**.
- Augmentation de taille de **plus de 10 mm en un an**.

Recherche de signes de rupture

- **Densification de la graisse périaortique en TDM.**
- **Interruption de la paroi artérielle** et **fuite extravasculaire** de produit de contraste.
- **Hématome** intra- ou rétropéritonéal.

2.2.4 Signes associés

D'autres localisations athéromateuses sont possibles :
- **deuxième anévrysme** de l'aorte ou d'une de ses branches ;
- **sténose** ou **occlusion** d'une artère viscérale (artère rénale, artère mésentérique inférieure).

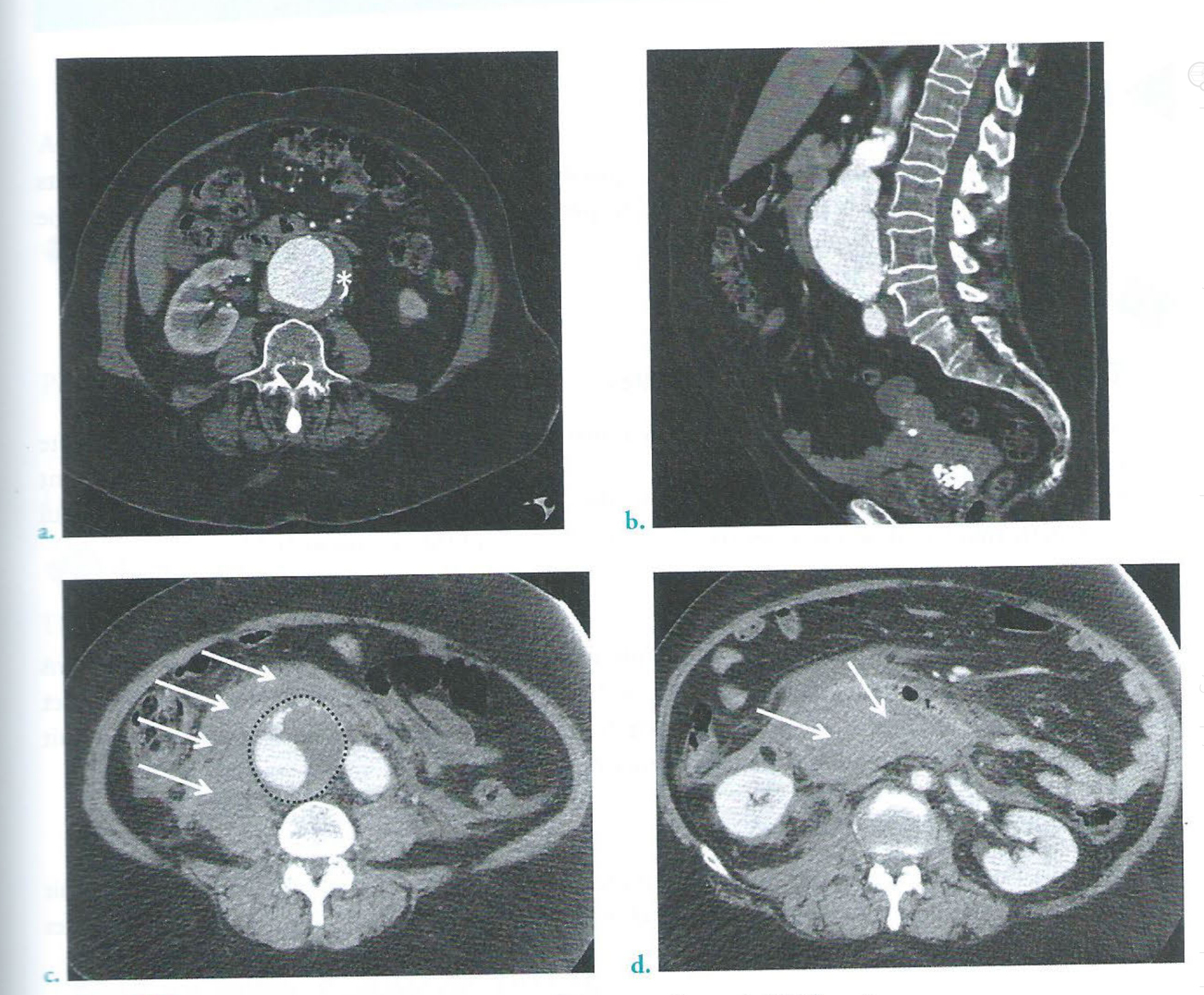


Figure 151 - Anévrysmes de l'aorte et des artères iliaques sur des angio-TDM aortiques
a. et b. anévrysme fusiforme de l'artère abdominale sous rénale ; a. coupe axiale : augmentation de diamètre de l'aorte. Le croissant hypodense (étoile blanche) correspond à la partie non circulante de l'anévrysme (thrombus mural) ; b. reconstruction sagittale chez le même patient ; c. et d. rupture d'un anévrysme de l'artère iliaque commune droite ; c. coupe axiale pelvienne ; anévrysme de l'artère iliaque commune droite partiellement thrombosé (entouré en pointillé), contenant une hyperdensité en forme de croissant, cerné d'un épanchement (flèches) traduisant la présence d'un hématome rétropéritonéal. L'artère iliaque commune gauche est également anévrysmale ; d. coupe axiale abdominale ; hématome rétropéritonéal (flèches). Noter le petit calibre de l'aorte traduisant un état de choc.

3 Sténose des artères rénales

3.1 Physiopathologie

Elle est liée à des **facteurs congénitaux** (dysplasie fibromusculaire, surtout chez la femme jeune) ou plus souvent **acquis** (athérome, chez l'homme de plus de 50 ans) d'altération pariétale d'une artère.
Elle se manifeste par :

- une **réduction significative du calibre de l'artère** ;
- une **diminution du débit sanguin rénal** ;
- une **activation du système rénine angiotensine**, responsable d'une augmentation de la tension artérielle via différents mécanismes (vasoconstriction artérielle, rétention hydrosodée) ;

La sténose des artères rénales est donc une cause d'hypertension artérielle secondaire.

3.2 Imagerie

Elle est nécessaire pour, d'une part, poser le **diagnostic positif** de sténose significative d'une ou des deux artères rénales, et d'autre part pour **relier l'hypertension artérielle à cette sténose**. La stratégie diagnostique n'est pas univoque.

3.2.1 Modalités

Échographie-doppler des artères rénales

Cet examen est **souvent utilisé en première intention**, il est non invasif, non irradiant, ne nécessite pas d'injection de produit de contraste iodé. Les conséquences hémodynamiques de la sténose sont étudiées grâce au doppler. L'apport de l'examen dépend à la fois du patient et de l'opérateur, ce qui limite ses performances diagnostiques par rapport à l'angio-TDM et l'angio-IRM.

Angio-TDM des artères rénales

Cet examen est de plus en plus prescrit, **parfois en première intention**. Il évalue les altérations pariétales et le retentissement sténotique avec une bonne précision et une bonne reproductibilité, et fait le bilan des éventuelles autres localisations athéromateuses. La nécessité d'injection de produit de contraste iodé reste cependant une limite importante chez des patients souvent à risque rénal.

Angio-IRM des artères rénales

Cet examen est **de plus en plus employé**, non irradiant et permet de sursoir à une injection de produit de contraste iodé ; ses limites sont sa disponibilité et l'analyse parfois difficile de calcifications pariétales avec risque de faux positifs.

Angiographie aortique

C'est un examen de **deuxième intention**, après une mise en évidence d'une sténose de l'artère rénale sur un examen non invasif, essentiellement à visée thérapeutique (dilatation, pose de stent).

Scintigraphie rénale au DTPA ou au technétium (plus ou moins sensibilisé par l'utilisation de captopril)

Elle permet **l'imputation de l'hypertension artérielle** à la sténose de l'artère rénale (en complément d'une imagerie morphologique), en montrant une asymétrie de perfusion rénale. Son utilisation est variable selon les équipes.

3.2.2 Signes positifs

Signe direct

Altération pariétale **avec perte d'au moins 50 % du calibre de l'artère** (sténose significative). Doivent être précisés :

- la **localisation précise** de la sténose, sa **longueur** ;
- le **caractère uni-** ou **bilatéral** ;
- la **qualité du lit d'aval**.

Signe indirect

Atrophie rénale : asymétrie de la taille des reins si sténose unilatérale, ou petits reins bilatéraux si sténose bilatérale.

3.2.3 Signes étiologiques

Sténose athéromateuse (90 %)

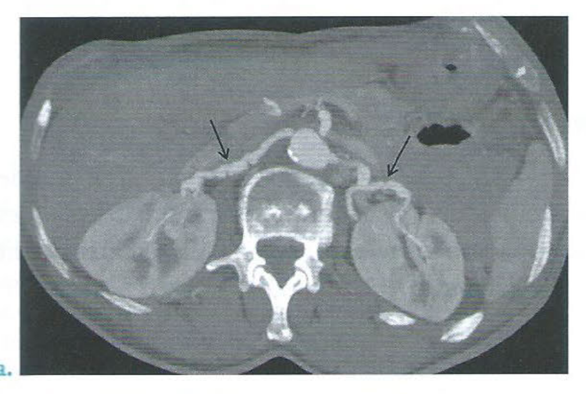
Plaques athéromateuses calcifiées **proximales** (ostiale surtout).

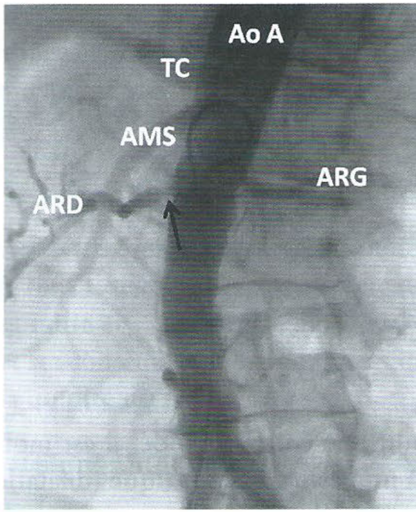
Dysplasie fibromusculaire (10 %)

Lésions sténosantes **distales**, avec **alternance de sténoses** et de **dilatations** (aspect en « collier de perle »).

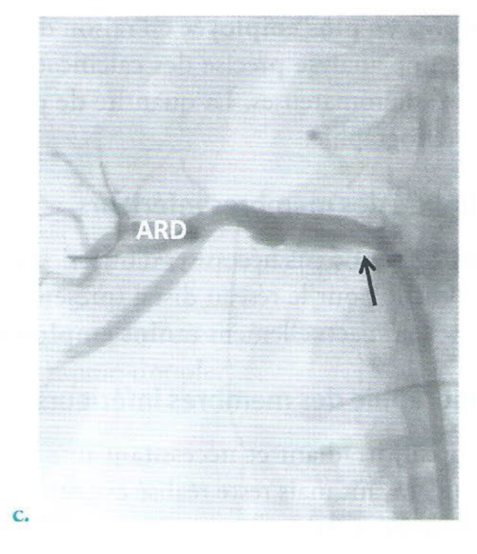
3.2.4 Signes associés

D'autres localisations athéromateuses ou de dysplasie fibromusculaire sont possibles :
- **sténose d'une autre artère viscérale** (artère mésentérique supérieure) ;
- **anévrysme artériel**.


a.



b.



c.

Figure 152 - Sténose des artères rénales
a. angioTDM des artères rénales, coupes axiales épaissies en projection d'intensité maximale. Alternance de sténoses et de dilatations des artères rénales (flèches) témoignant d'une dysplasie fibromusculaire. b. et c. angiographie de l'aorte abdominale. Diagnostic et traitement d'une sténose de l'artère rénale droite. b. opacification de l'aorte abdominale et de ses branches. Sténose ostiale de l'artère rénale droite (flèche) ; Ao A : aorte abdominale ; TC : tronc cœliaque ; AMS : artère mésentérique supérieure ; ARD : artère rénale droite ; ARG : artère rénale gauche ; c. opacification sélective de l'artère rénale droite après dilatation : régression de la sténose (flèche).

4 Artériopathie oblitérante des membres inférieurs

4.1 Physiopathologie

Sous l'effet de **facteurs de risques cardio-vasculaires** :

- **formation d'une plaque d'athérome**, réduisant le diamètre circulant de l'artère ;
- **sténose** devenant cliniquement significative entre 50 et 70 % de réduction du diamètre vasculaire ;
- **risque de thrombose**, **d'embolie distale** ou de **dilatation anévrysmale** ;
- développement d'une circulation collatérale.

Il existe également de rares étiologies d'artérite des membres inférieurs d'origine non athéromateuse (inflammatoires, toxiques, congénitales...).

4.2 Imagerie

Elle étaye le **diagnostic positif** suspecté cliniquement, évalue la **gravité** et recherche des **complications** et d'**autres localisations athéromateuses**.

4.2.1 Modalités

Échographie-doppler artériel des membres inférieurs

C'est **l'examen de première intention**, non invasif, non irradiant, ne nécessitent pas d'injection de produit de contraste iodé. Il couple des images morphologiques (visualisation et mesure des plaques athéromateuses) à des mesures hémodynamiques en doppler pour évaluer la sévérité du retentissement de ces plaques. Il reste un examen à la fois patient- et opérateur-dépendant.

Angio-TDM des membres inférieurs

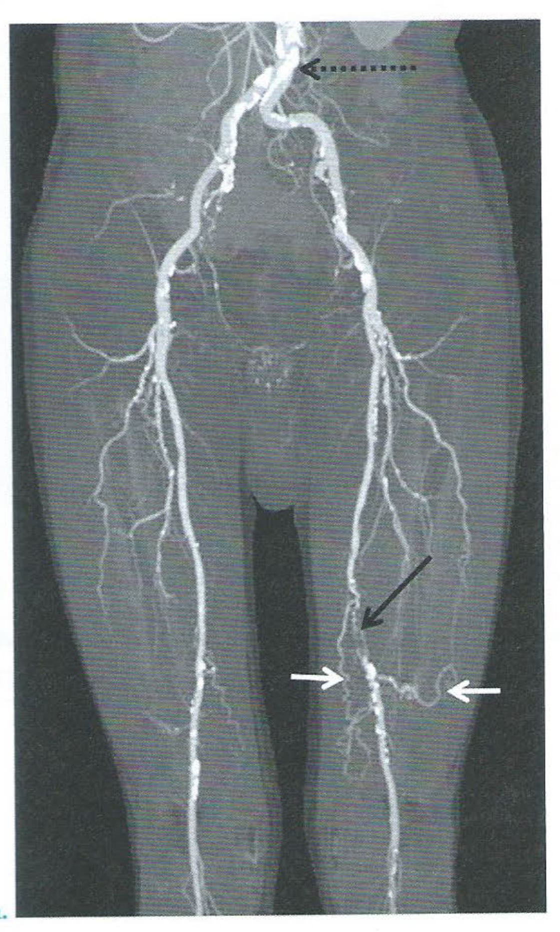
Elle est **de plus en plus employée** en raison des améliorations techniques.
Elle permet une analyse précise des calcifications pariétales et fait le bilan des éventuelles autres localisations athéromateuses. La quantité de produit de contraste iodé nécessaire reste inférieure à celle de l'artériographie.

Angio-IRM des membres inférieurs

Elle a l'avantage de ne pas nécessiter d'injection d'iode et d'être non irradiante, mais souvent d'interprétation difficile pour le réseau distal (présence de calcifications, résolution spatiale limitée). Pour ces raisons, elle est actuellement **moins employée que la TDM**.

Angiographie des membres inférieurs

Examen invasif, irradiant et nécessitant une injection de produit de contraste iodé, il est moins utilisé qu'auparavant mais reste réalisé essentiellement **couplé à un geste thérapeutique** (dilatation artérielle, pose de stent).


a.

b.

Figure 153 - Angio-TDM des membres inférieurs, reconstructions en projection d'intensité maximale dans le plan coronal après suppression osseuse pour le même patient atteint d'AOMI
a. centrée sur les cuisses ; calcifications artérielles diffuses (bien visibles sur l'aorte sous-rénale, flèche noire pointillée, mais aussi des artères iliaques, fémorales communes et superficielles) ; occlusion de l'artère fémorale superficielle (flèche noire pleine) avec développement d'un réseau de collatéralité (flèches blanches).
b. centrée sur les jambes ; calcifications artérielles diffuses (bien visibles sur les troncs tibio-fibulaires, flèches) ; artères jambières grêles et irrégulières, avec occlusions segmentaires.

4.2.2 Signes positifs

Signes directs

Plaques athéromateuses obstruant les lumières artérielles. Pour chaque plaque, doivent être précisés :
- la **localisation précise** de la plaque ;
- sa **taille** et sa **longueur**, ainsi que son **retentissement** sur le calibre du vaisseau (en pourcentage) et ses conséquences hémodynamiques (pour l'échographie-doppler) ;
- la **qualité du lit d'aval**.

Signes indirects

Développement d'une **circulation collatérale** : néovaisseaux passant en pont sur des segments artériels sténosés ou occlus.

4.2.3 Complications

Thrombose artérielle : occlusion complète de la lumière du vaisseau.

4.2.4 Signes associés

Autres localisations athéromateuses : sténoses et dilatations anévrysmales.

IMPORTANT

L'ischémie aiguë de membre

Elle résulte d'une occlusion artérielle, pouvant provenir de deux mécanismes : soit thrombotique (sur une plaque athéromateuse préexistante), soit embolique (secondaire à une pathologie cardiaque favorisante). Les modalités d'imagerie envisageables sont celles citées pour l'AOMI. L'échographie-doppler est souvent utilisée en première intention, dans les cas cliniquement douteux, en veillant à ne pas retarder la prise en charge thérapeutique. Angio-TDM et angio-IRM permettent un bilan plus exhaustif de la maladie athéromateuse ou embolique. Enfin, l'artériographie est utilisée comme premier temps d'un geste thérapeutique. Dans tous les cas, l'imagerie confirme le diagnostic d'occlusion artérielle suspecté cliniquement, indique son niveau et son mécanisme, et évalue le reste du réseau artériel.

Sous-partie 2

Pneumologie

Pour les légendes des iconographies de cette sous-partie, sauf mention contraire, les coupes de TDM thoraciques sont réalisées sans injection de produit de contraste.

Chapitre 4

Prérequis : sémiologie de la radiographie de thorax et de la TDM thoracique

1 Sémiologie en radiographie thoracique

L'analyse de la radiographie de thorax est difficile et son enseignement de moins en moins approfondi en raison de l'utilisation courante de techniques plus avancées (TDM thoracique). Cependant, la sémiologie radiologique générale exposée *page 7*, les éléments d'analyse systématique décrits *page 119* sur la radioanatomie et les exemples donnés ci-dessous devront permettre de résoudre des situations courantes.

Rappel

Analyse systématique de la radiographie de thorax de face

Éléments administratifs		‣ Identité du patient ‣ Âge et sexe ‣ Date de réalisation
Critères de qualité de la radiographie		‣ Symétrie ‣ Pénétration ‣ Réalisation debout et en inspiration ‣ Champ d'exploration complet
Analyse du cliché étape par étape	**Cadre osseux**	‣ Trait de fracture ‣ Lésion lytique ‣ Séquelles chirurgicales
	Parties molles et organes extrathoraciques	‣ Diaphragme et organes sous-diaphragmatiques : effacement ou ascension d'une coupole, pneumopéritoine ‣ Creux axillaires et cou : emphysème sous-cutané, côtes cervicales ; ‣ Chez la femme : asymétrie des ombres mammaires
	Plèvre	‣ Épanchement liquidien ou gazeux ‣ Épaississement et calcifications
	Médiastin	‣ Déformation des bords médiastinaux ‣ Opacité ou hyperclarté médiastinale, niveau hydroaérique ‣ Cardiomégalie ‣ Déviation de la silhouette médiastinale ‣ Anomalie trachéale
	Parenchyme	‣ Opacités : nodules, syndrome alvéolaire, syndrome bronchique, syndrome interstitiel ‣ Hyperclartés : localisées ou diffuses

Les principales anomalies à rechercher sont détaillées ci-dessous, à l'appui de quelques exemples. D'autres radiographies de thorax sont présentées dans la suite de cette sous-partie, par pathologies (cancer bronchopulmonaire, sarcoïdose…).

1.1 Anomalies du cadre osseux

Recherché :
- des **traits de fracture costal**, scapulaire, claviculaire, de la tête humérale, des cals osseux (côtes) ;
- des **lésions ostéolytiques** ou ostéocondensantes ;
- des **séquelles chirurgicales** (fils de sternotomie), susceptibles d'apporter des éléments anamnestiques.

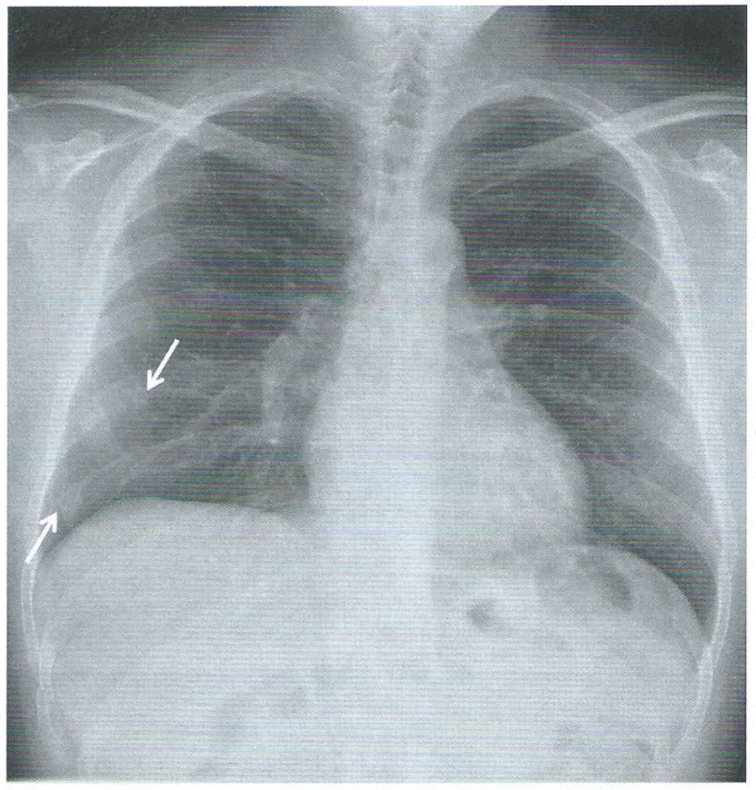


Figure 154 - Fracture des arcs antérieurs des 5ᵉ et 7ᵉ côtes droites
Flèches : décrochés corticaux.

1.2 Anomalies des parties molles et des organes extrathoraciques

1.2.1 Diaphragme

Rechercher :
- **un effacement de la coupole diaphragmatique gauche** : suspecter une atélectasie lobaire inférieure gauche ou une pneumopathie basale gauche *(voir « Anomalies parenchymateuses » page 213)* ;
- **un effacement de la coupole diaphragmatique droite** : suspecter une atélectasie lobaire inférieure droite ou une pneumopathie basale droite *(voir « Anomalies parenchymateuses » page 213)* ;
- une **ascension** ou un **aplatissement des coupoles** dans le cadre d'une distension pulmonaire.

1.2.2 Organes sous-diaphragmatiques

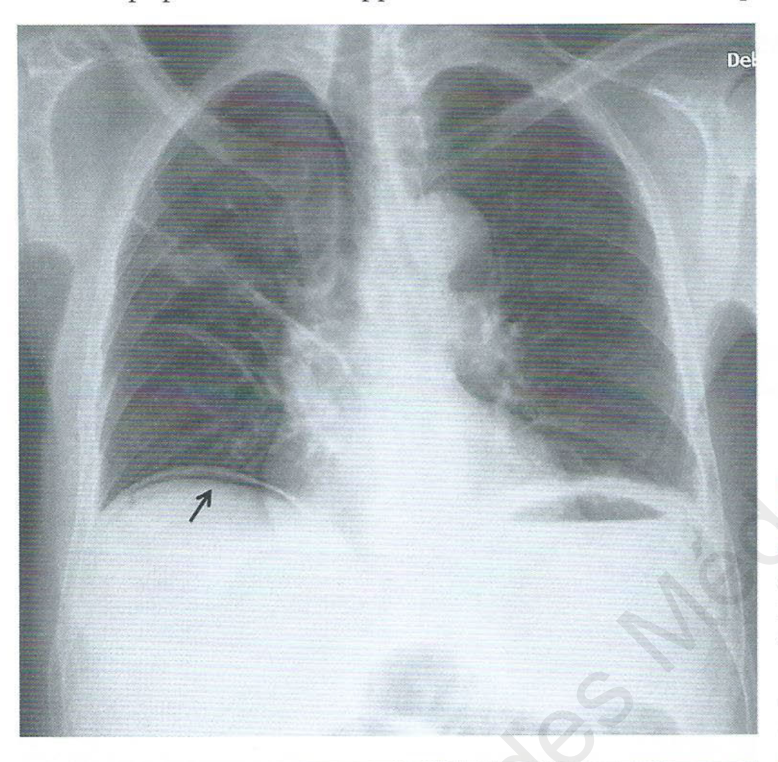
Vérifier et rechercher :
- une **distension gastrique** ;
- un **pneumopéritoine** : clarté aérique en forme de croissant, visible sous la coupole diaphragmatique droite ;
- des **calcifications hépato-biliaires**.

1.2.3 Creux axillaires et cou

Rechercher :
- une paire de **côtes cervicales** ;
- un **emphysème sous-cutané** : clartés aériques des parties molles du cou ou des creux axillaires.

1.2.4 Ombres mammaires

Suspecter une mastectomie en cas d'asymétrie. Une mastectomie explique l'asymétrie de transparence des champs pulmonaires et apporte des éléments anamnestiques.



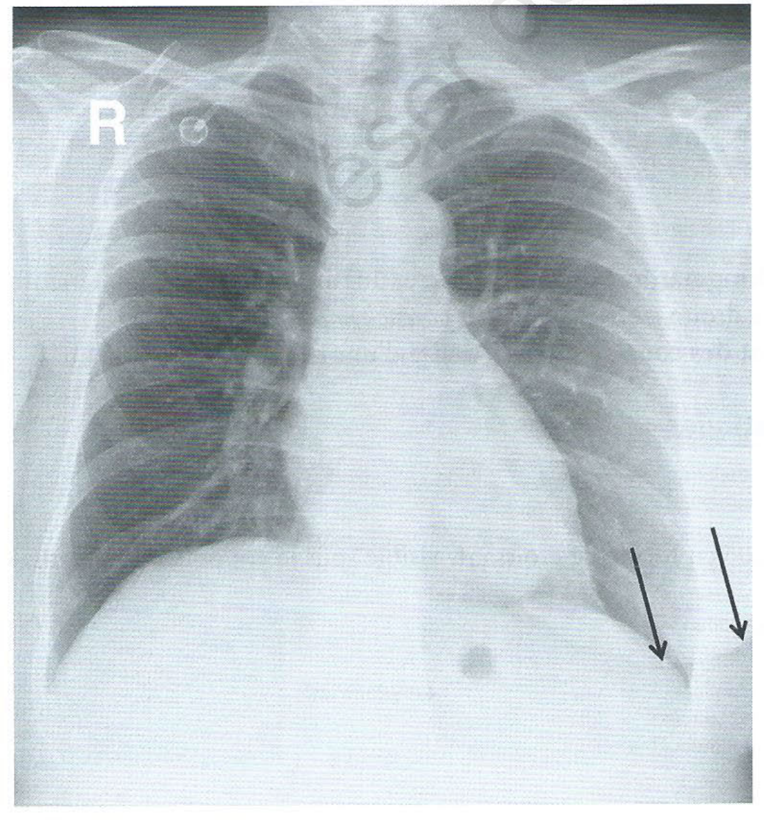


Figure 155 - Anomalies des parties molles et des organes extrathoraciques

a. pneumopéritoine révélé sur une radiographie de thorax (suivi de cancer broncho-pulmonaire droit) : clarté aérique en croissant sous la coupole diaphragmatique droite (flèche) ; par ailleurs, aorte thoracique déroulée (*voir page 207*) et opacités parenchymateuses droites.

b. mastectomie droite : disparition de l'ombre mammaire à droite, comparativement au côté gauche où elle est bien visible (flèches). Noter l'asymétrie de transparence des champs pulmonaires ; patiente porteuse d'une chambre implantable.

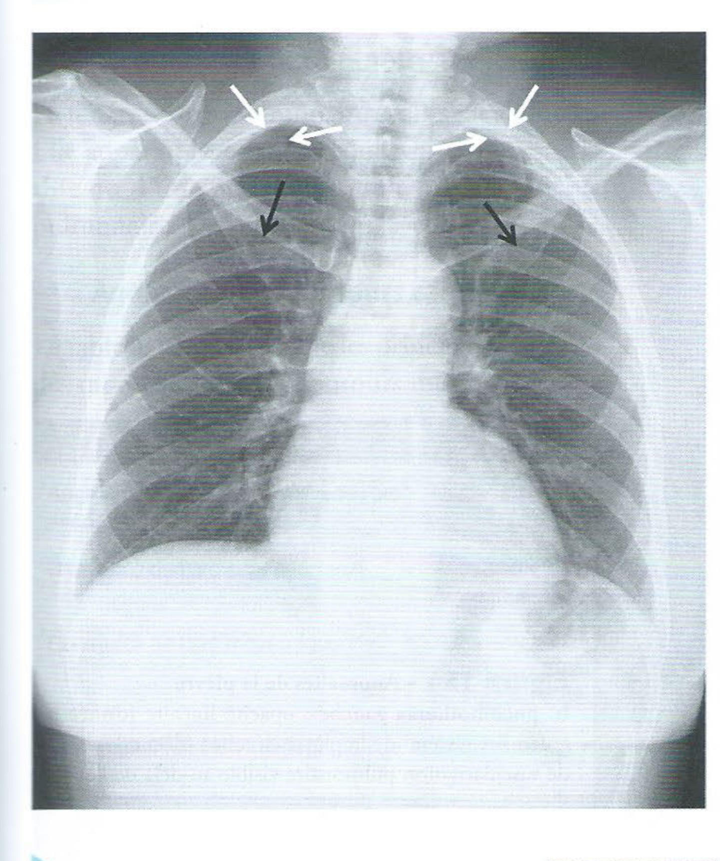


Figure 155 - Anomalies des parties molles et des organes extrathoraciques
c. côtes cervicales (flèches blanches). Les premières côtes sont désignées par les flèches noires.

1.3 Anomalies de la plèvre

La plèvre normale n'est pas visible. Rechercher :

- un **épanchement liquidien** : comblement du récessus pleural inférieur (si faible abondance), opacité dense et homogène de la base se prolongeant souvent par une ligne bordante axillaire (moyenne abondance), opacité complète d'un champ pulmonaire (grande abondance) ;
- un **pneumothorax** : hyperclarté située entre la paroi et le parenchyme pulmonaire associée à un décollement de la plèvre viscérale, qui devient visible sous forme d'une fine opacité linéaire ;
- un **épaississement pleural**, des **calcifications pleurales**.

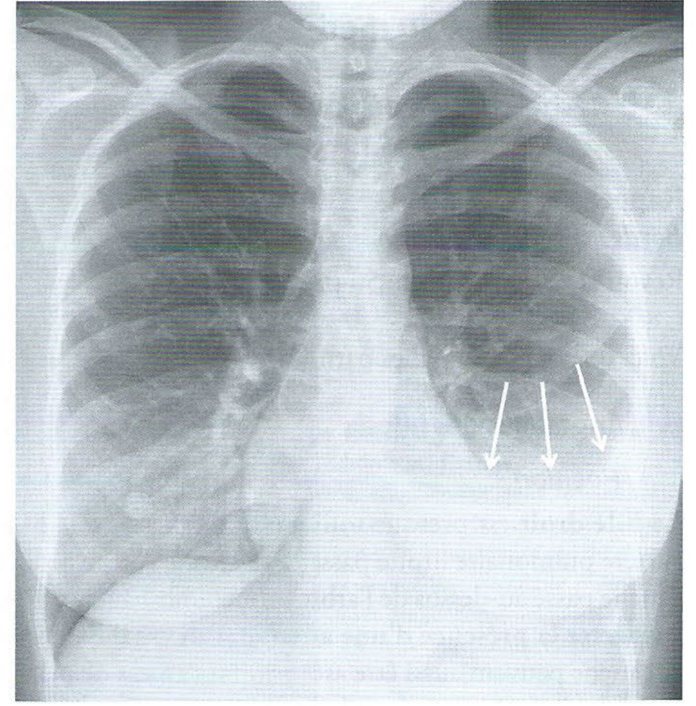


Figure 156 - Anomalies de la plèvre
a. épanchement pleural liquidien gauche de moyenne abondance : comblement du recessus pleural gauche, et opacité basale gauche se prolongeant par une ligne bordante axillaire (flèches). Le nodule situé en regard de la base pulmonaire droite correspond à la projection du mamelon *(voir l'encadré page 221)*.

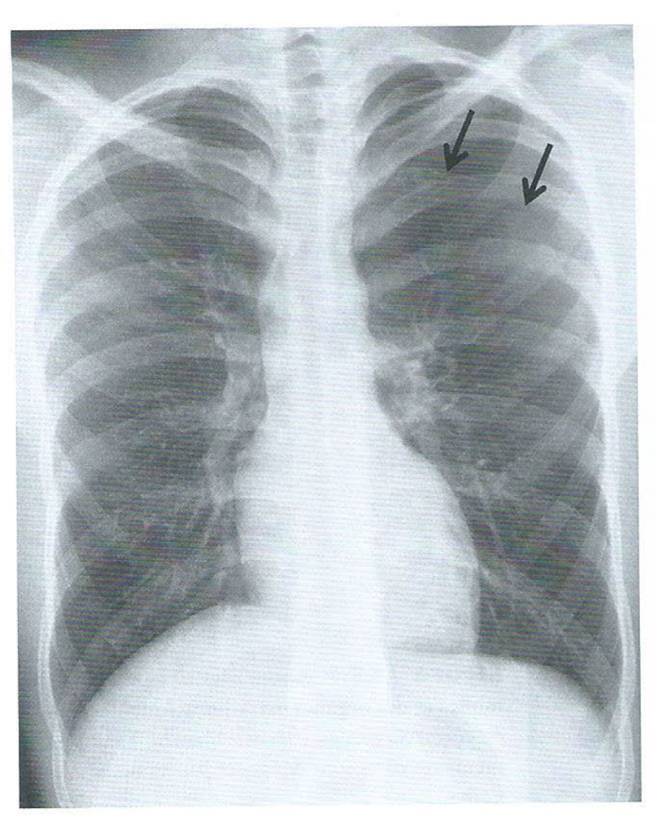


Figure 156 - Anomalies de la plèvre
b. pneumothorax gauche : opacité linéaire formée par le feuillet viscéral de la plèvre décollée (flèches), absence de vascularisation pulmonaire visible au-delà de l'opacité linéaire.

1.4 Anomalies du médiastin

1.4.1 Rechercher un déplacement des bords médiastinaux

Rappel
Bords médiastinaux
Revoir si besoin la figure 50 page 121 dans le chapitre 15.

Voici quelques anomalies parmi les plus fréquentes.

Anomalies des hiles

Position

Le hile droit est presque toujours **plus bas que le hile gauche**, pour des raisons anatomiques : l'artère pulmonaire droite passe en avant de l'arbre bronchique droit, tandis que l'artère pulmonaire gauche passe au-dessus de l'arbre bronchique gauche. Si les hiles sont situés à la même hauteur, il faut **suspecter la présence d'une adénopathie** ou d'une **masse tumorale hilaire droite**. Les hiles droit et gauche peuvent aussi être ascensionnés en cas de perte de volume des lobes supérieurs (atélectasie, fibrose), de façon uni- ou bilatérale ;

Taille

Les hiles augmentés de taille doivent faire **évoquer** soit **la présence d'adénopathies** ou de **masse tumorale** *(voir « Rechercher une masse ou un élargissement médiastinal », page 207)*, soit une **origine vasculaire** (hypertension artérielle pulmonaire responsable d'une augmentation de calibre des artères pulmonaires).

Comblement de la fenêtre aorto-pulmonaire

La fenêtre aorto-pulmonaire est l'espace situé entre le bouton aortique et l'artère pulmonaire gauche. Elle apparaît légèrement concave. Si elle est convexe, il faut **suspecter la présence d'une adénopathie ou d'une masse tumorale hilaire gauche**. On parle alors de comblement de la fenêtre aorto-pulmonaire.

Anomalies des contours cardiaques et des gros vaisseaux

Le tableau suivant résume les principales pathologies cardiaques et des gros vaisseaux à évoquer devant des modifications des contours médiastinaux.

Contour déformé	Étiologies à évoquer
Augmentation de la convexité de l'arc inférieur droit	Dilatation de l'oreillette droite
Convexité de l'arc supérieur droit	Anévrysme ou dilatation de l'aorte thoracique ascendante Aorte thoracique ascendante déroulée (*voir l'encadré page 207)*
Convexité de l'arc moyen (gauche)	Augmentation de calibre de l'artère pulmonaire Si associé à une convexité du bord supérieur de l'arc inférieur droit : dilatation de l'oreillette gauche
Déformation de l'arc inférieur gauche	Anévrysme du ventricule gauche

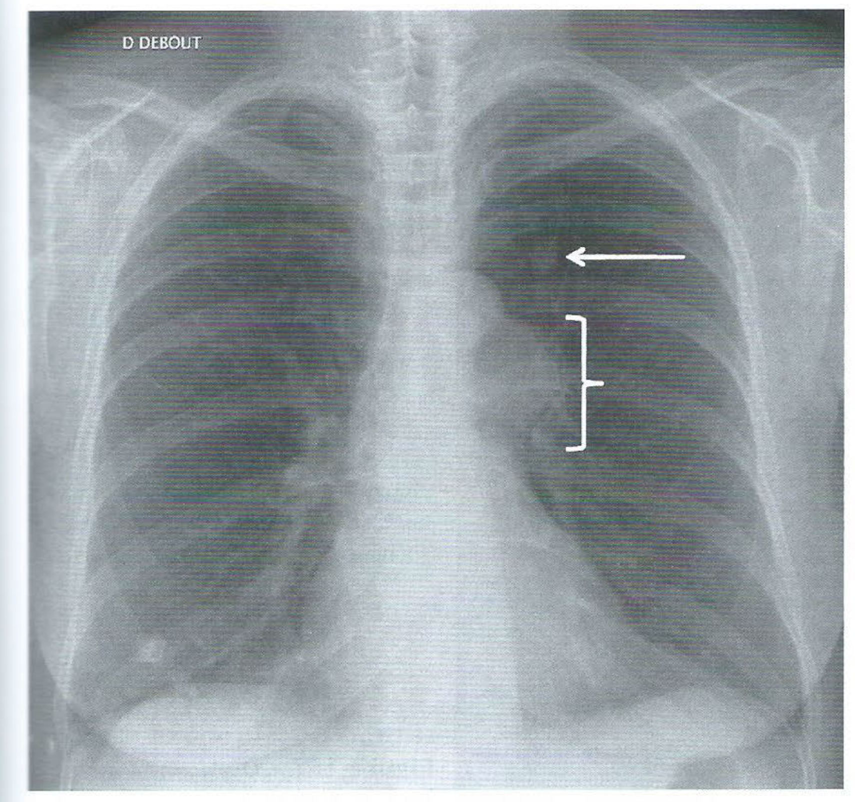


Figure 157 - Déplacement des bords médiastinaux
a. comblement de la fenêtre aorto-pulmonaire (accolade) et opacité nodulaire supérieure gauche, faisant évoquer une néoplasie pulmonaire avec des adénopathies hilaires gauche. Le deuxième nodule visible à la base droite correspond à la projection du mamelon.

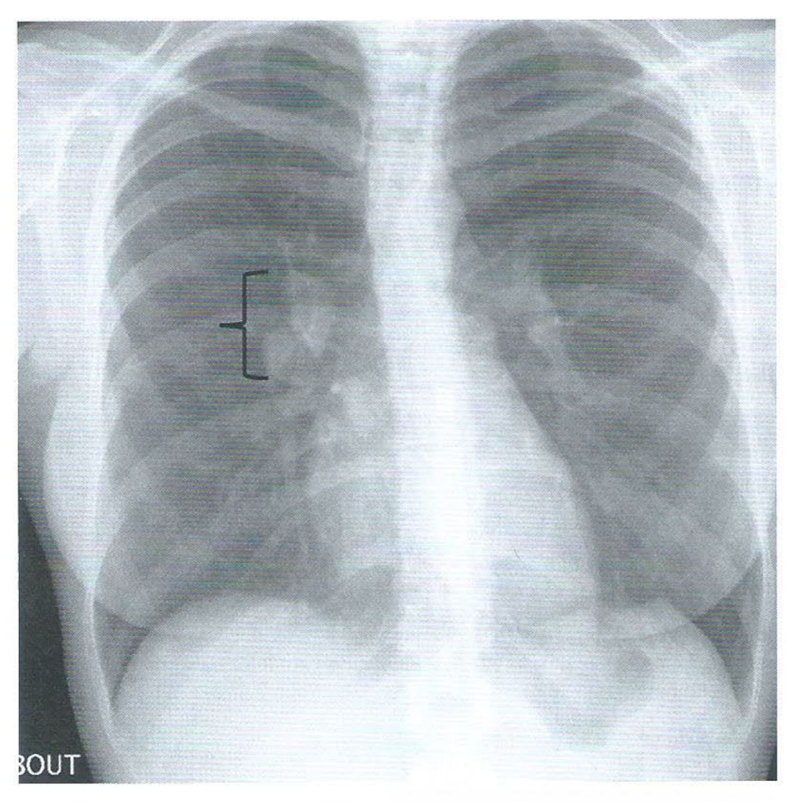


Figure 157 - Déplacement des bords médiastinaux
b. symétrie de hauteur des hiles droit et gauche, secondaire à la présence d'une masse tumorale ou d'adénopathies hilaires droites (accolade).

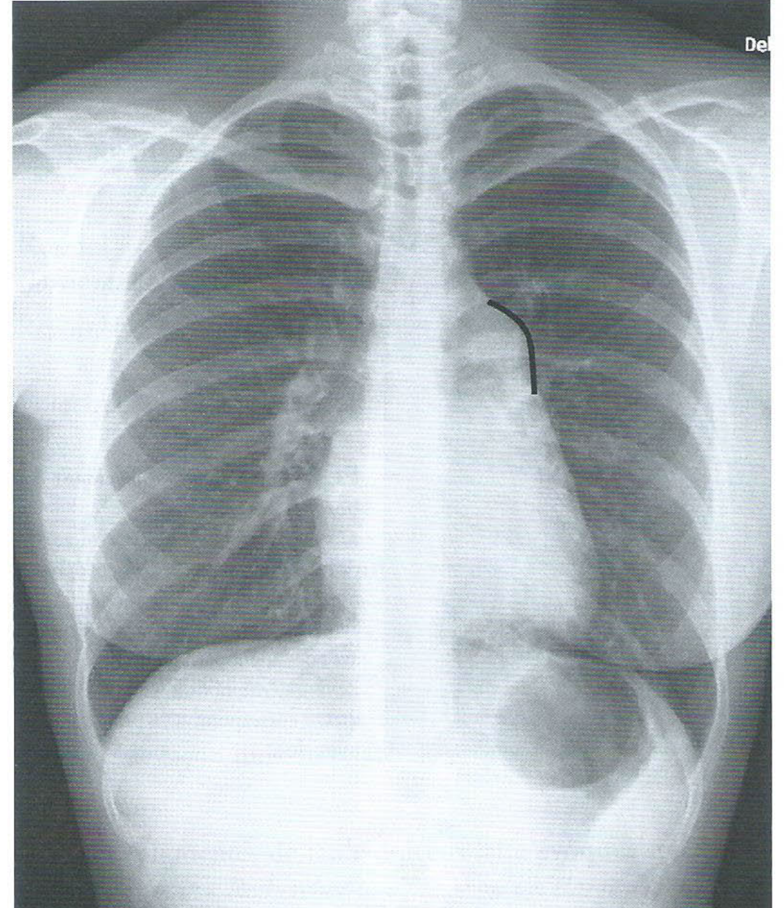


Figure 157 - Déplacement des bords médiastinaux
c. arc moyen (gauche) bombant (surligné) chez une jeune fille témoignant d'une dilatation de l'artère pulmonaire (antécédent de communication interatriale).

1.4.2 Rechercher une masse ou un élargissement médiastinal

IMPORTANT

Faux élargissement médiastinal

Si la radiographie de thorax est réalisée en position couchée, le médiastin risque d'être faussement élargi. Sa largeur ne s'analyse donc que sur un cliché réalisé debout.

- Le plus souvent, ce sont des opacités à limite interne non visible (car située dans le médiastin), et à limite externe nette (bordée par l'air parenchymateux et déformant les contours médiastinaux).
- Il peut parfois s'agir du simple déplacement d'un contour médiastinal.
- Il faut également rechercher une opacité surajoutée à la masse cardiaque.
- La localisation du processus s'appuie sur l'utilisation du signe de la silhouette (en déterminant la structure anatomique qui voit son bord effacé par l'opacité), et/ou sur la radiographie de profil (segmentation médiastinale antérieure, moyenne ou postérieure).

Rappel

Signe de la silhouette et localisation d'une masse médiastinale

Réviser le signe de la silhouette *(voir page 9)*, et la segmentation du médiastin *(voir page 125)*.

Appliquer le signe de la silhouette aux masses médiastinales :

- l'effacement d'un bord du cœur traduit une localisation antérieure ;
- l'effacement d'un hile traduit une localisation dans le médiastin moyen ;
- une masse médiastinale postérieure n'efface ni les contours cardiaques ni les hiles.

Les principales étiologies de masses médiastinales sont résumées dans le tableau suivant, avec pour les étiologies les plus fréquentes, des signes supplémentaires d'orientation.

Localisation	Étiologies à évoquer	Aspects particuliers
Médiastin antérieur	Goitre (hypertrophie thyroïdienne), « terrible » lymphome, thymome, tératome (les quatre « T »), autres étiologies d'adénopathies, anévrysme de l'aorte thoracique ascendante	‣ Goitre : position cervico-thoracique, déviation trachéale, possibles calcifications ‣ Lymphome : possible aspect en « cheminée » du médiastin supérieur
Médiastin moyen	Adénopathies (dont lymphome, sarcoïdose, tuberculose…), hernie hiatale, anévrysme de l'aorte thoracique descendante, kyste bronchogénique, tumeurs trachéale et œsophagienne, tumeur bronchique proximale	‣ Adénopathies : aspect polylobé des hiles ‣ Anévrysme de l'aorte : masse arrondie, possibles calcifications des bords ‣ Hernie hiatale : fréquent contenu hydroaérique
Médiastin postérieur	Abcès paravertébral, tumeur neurogène, tumeur rachidienne, adénopathies	‣ Tumeur rachidienne : anomalie de densité du corps vertébral, lyse osseuse ‣ Tumeur neurogène : possible élargissement d'un foramen de conjugaison (cliché de profil)

IMPORTANT

Image piège d'élargissement médiastinal

Le déroulement de l'aorte thoracique s'observe fréquemment au cours du vieillissement et n'a pas de signification pathologique.

Le déroulement de l'aorte thoracique ascendante se traduit par un aspect convexe du bord inférieur de l'arc supérieur droit (bord de la veine cave supérieure), le déroulement de l'aorte thoracique descendante par un aspect également convexe de son bord gauche (et non rectiligne). Les bords de l'aorte restent parallèles, sans dilatation localisée (diagnostic différentiel avec un anévrysme).

IMPORTANT

Image piège d'élargissement médiastinal (suite)

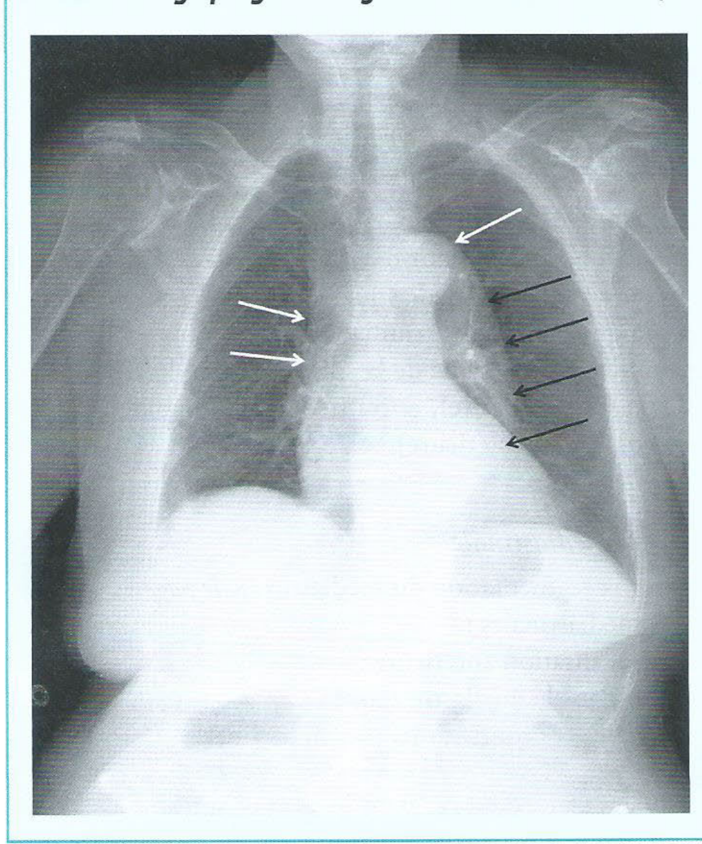


Figure 158 - Aorte thoracique ascendante (flèches blanches) et descendante (flèches noires) déroulée

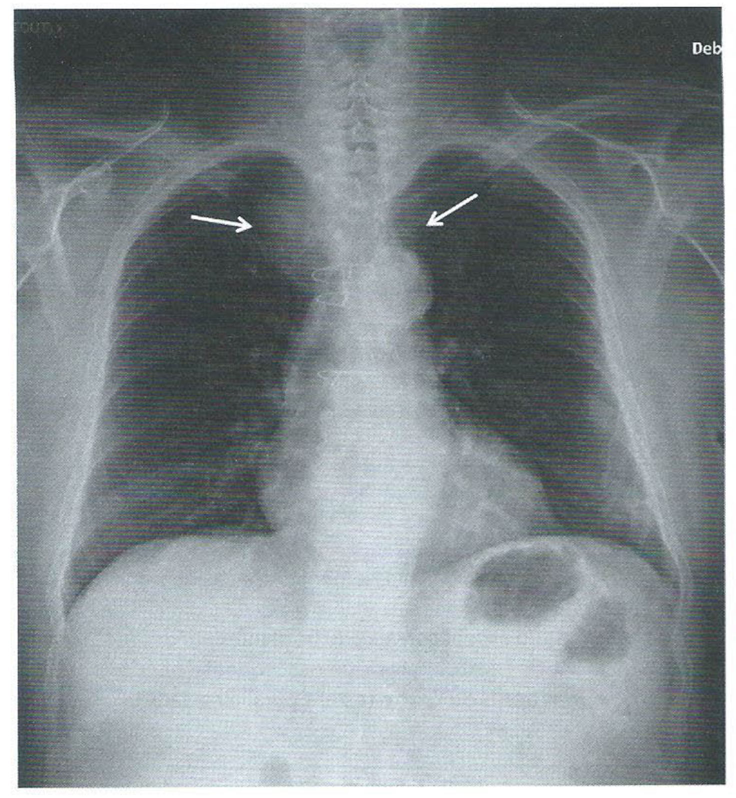
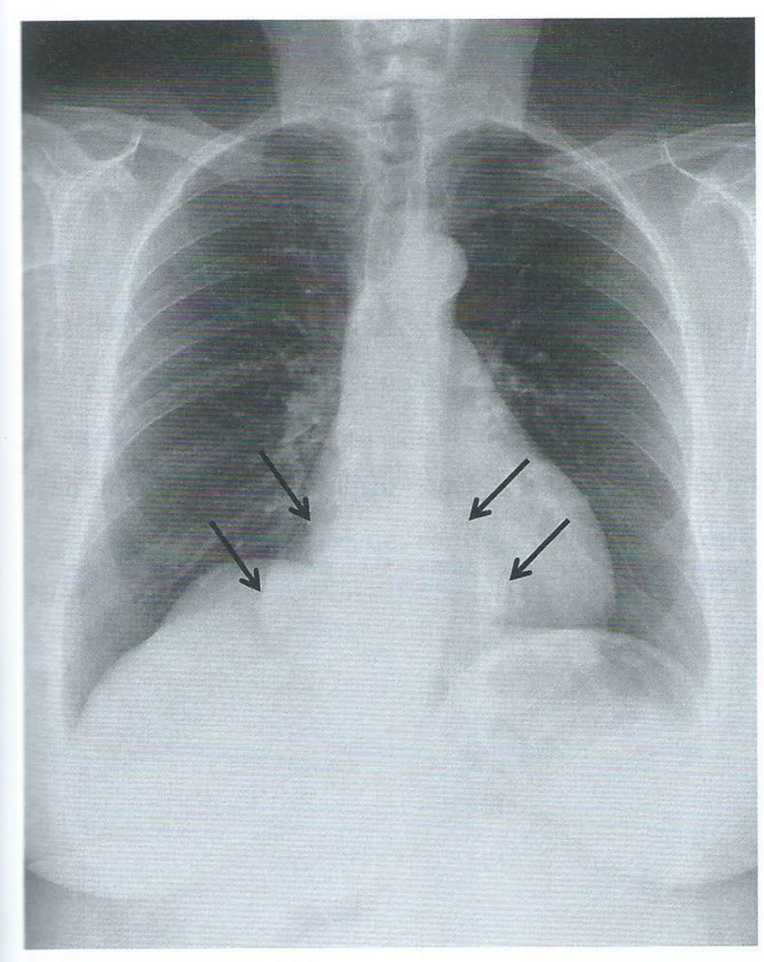


Figure 159 - Masses médiastinales

a. goitre endothoracique se traduisant par une opacité médiastinale déformant les contours supérieurs du médiastin (flèches) et responsable d'une déviation trachéale vers la gauche. Par ailleurs, aorte thoracique discrètement déroulée et fils de sternotomie.



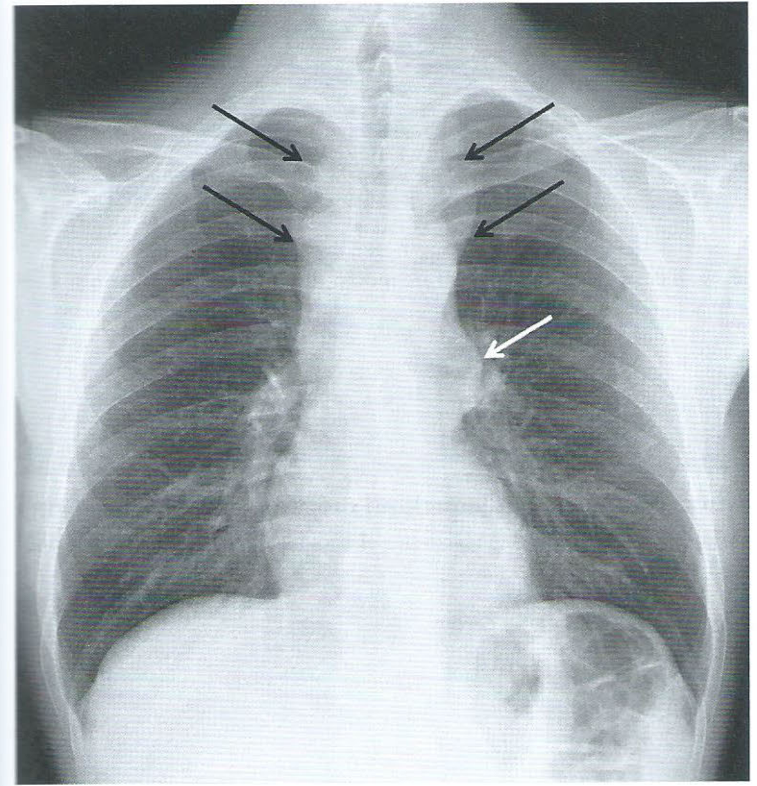


Figure 159 - Masses médiastinales

b. hernie hiatale : opacité arrondie dont les contours sont visibles de part et d'autre de la projection du diaphragme, témoignant d'un contenu entièrement silhouetté par de l'air, donc strictement intrathoracique (flèches). Les contours se distinguent de ceux de la silhouette cardiaque (signe de la silhouette négatif) puisqu'il s'agit d'une structure postérieure.

c. lymphome (maladie de Hodgkin) avec élargissement médiastinal supérieur (correspondant à des adénopathies médiastinales antérieures, flèches noires) et comblement de la fenêtre aorto-pulmonaire (adénopathies hilaires gauche, flèche blanche).

1.4.3 Rechercher une hyperclarté médiastinale

Pneumomédiastin

Hyperclarté bordant le médiastin, limitée en dehors par un décollement de la plèvre médiastinale sous forme d'une fine opacité linéaire.

Pneumopéricarde

Liseré clair péricardiaque, respectant le bouton aortique (différenciation avec le pneumomédiastin, en réalité souvent difficile).

Autres étiologies rares

Abcès médiastinaux, hernies de contenu digestif à travers les fentes diaphragmatiques (hernie de la fente de Larrey ou de Morgani).

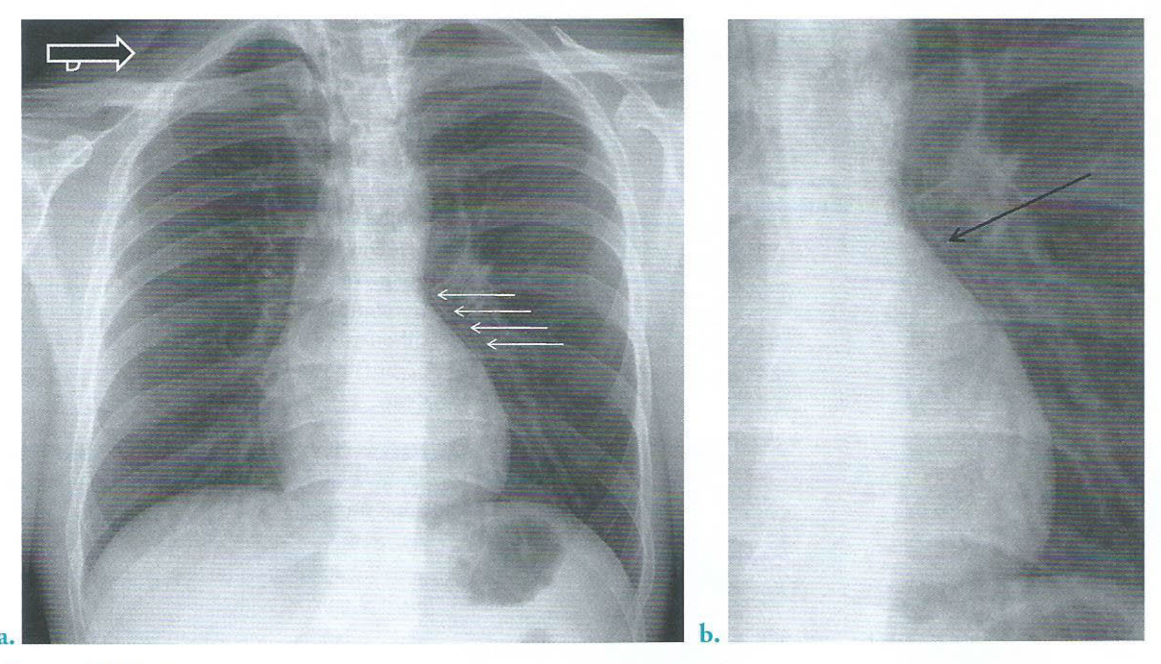


Figure 160 - Pneumomédiastin
a. clarté aérique limitée par une fine opacité linéaire, bien visible en regard de l'arc moyen droit (flèches fines), associé à un emphysème sous-cutané cervical (flèche épaisse) ; b) zoom de la figure a.

1.4.4 Autres éléments à rechercher

Niveau hydroaérique

Évoquer une **hernie hiatale** (niveau hydroaérique rétrocardiaque), un **méga-œsophage**.

Cardiomégalie

Définie par un **index cardio-thoracique supérieur à 0,5**.

Rappel
Index cardio-thoracique
Il est défini dans le chapitre 15, page *120*.

Déviation de la silhouette médiastinale à droite ou à gauche

- Pneumothorax compressif, repoussant le médiastin du côté controlatéral.
- Atélectasie lobaire ou pulmonaire, attirant le médiastin du côté homolatéral.

Anomalie trachéale

Déviation ou réduction de calibre (par une masse médiastinale).

Calcifications médiastinales

Il peut s'agir de calcifications ganglionnaires (tuberculose, silicose), vasculaires (athérome aortique) ou cardiaques (calcifications valvulaires, coronariennes, anévrysme calcifié du ventricule gauche).

Anomalie de position des sondes de pacemaker ou de cathéter de chambre implantable

Normalement le cathéter est situé dans la veine cave supérieure à la jonction avec l'atrium droit, soit 4 cm environ en dessous de la carène.

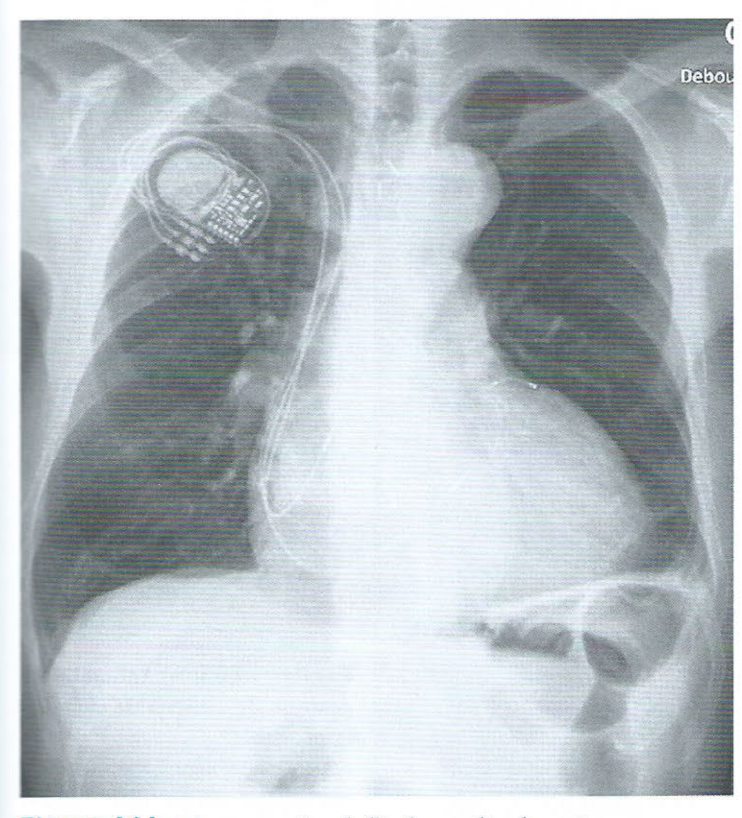


Figure 161 - Augmentation de l'index cardio-thoracique

Calculé à 0,6 : cardiomégalie. Noter le pacemaker et les fils de sternotomie témoignant d'antécédents cardiaques sérieux.

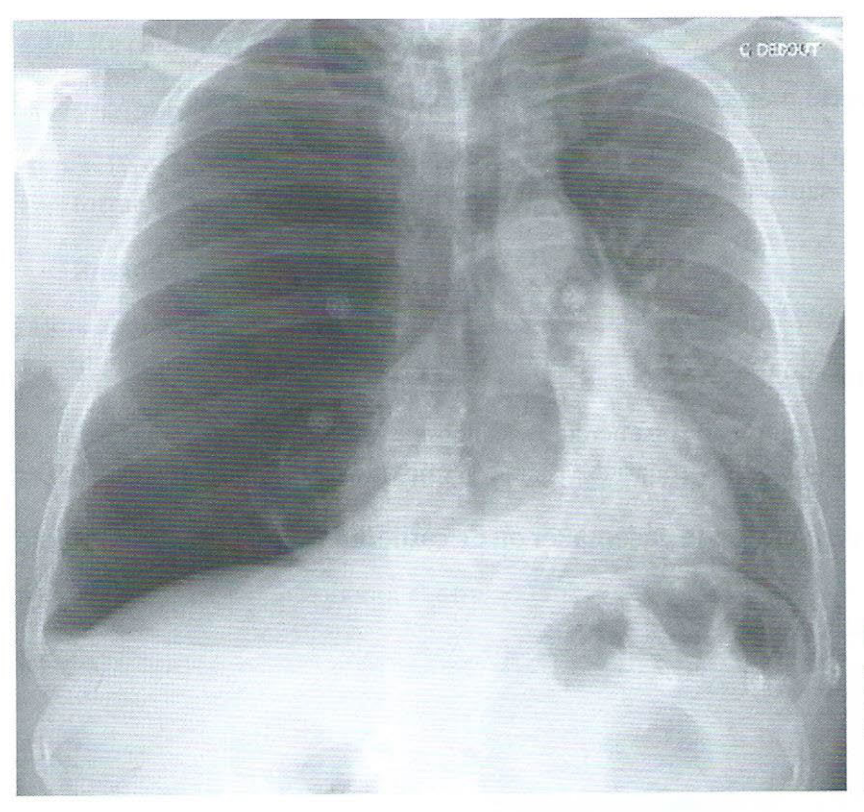


Figure 162 - Déviation médiastinale
Déviation gauche secondaire à un pneumothorax complet droit (poumon droit rétracté au hile homolatéral).

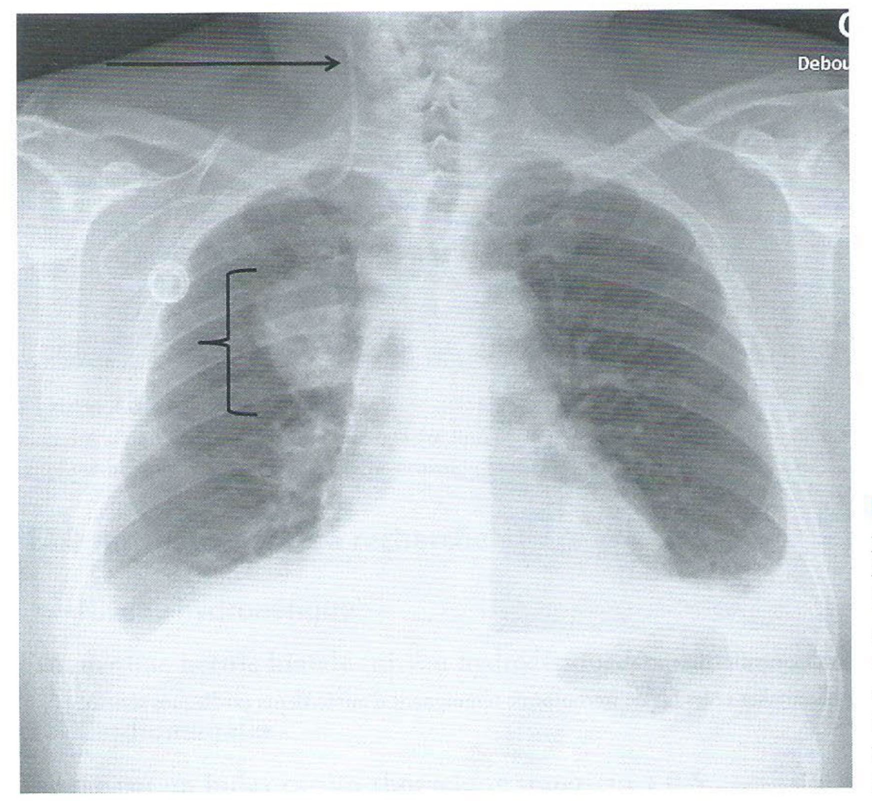


Figure 163 - Anomalie de position de cathéter de chambre implantable
Patient traité pour une néoplasie pulmonaire (masse hilaire droite, accolade), présentant une anomalie de position du cathéter de sa chambre implantable : situé dans la veine jugulaire interne droite au lieu d'être dans la veine cave supérieure.

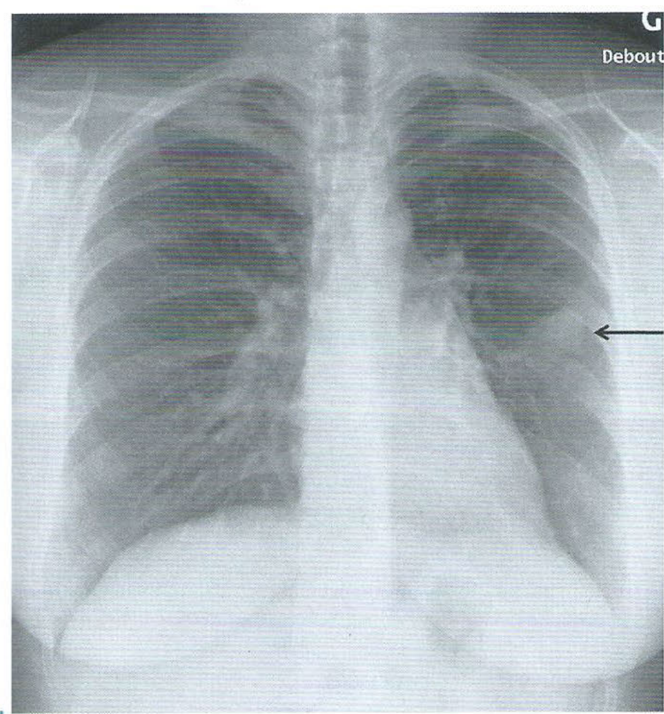
1.5 Anomalies parenchymateuses

Rechercher différents types d'images pathologiques.

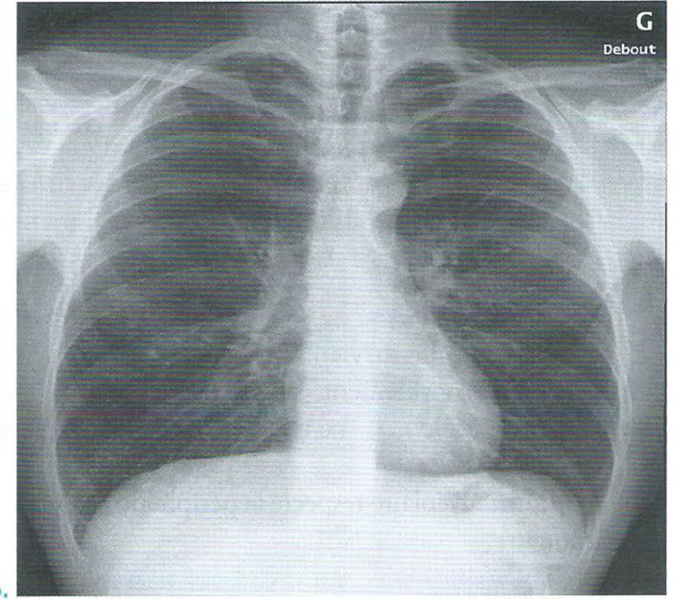
1.5.1 Opacités

Nodules parenchymateux.

Préciser la **taille**, le **nombre**, la **localisation**, la **densité**, les **contours**, les **signes associés** (épanchement pleural, lyse osseuse...). On distingue les **micronodules** (moins d'1 cm), les **nodules** (de 1 à 3 cm) et les **masses** (plus de 3 cm).



a.



b.

Figure 164 - Nodule et micronodules parenchymateux
a. nodule indéterminé : opacité arrondie pulmonaire gauche unique (flèche).

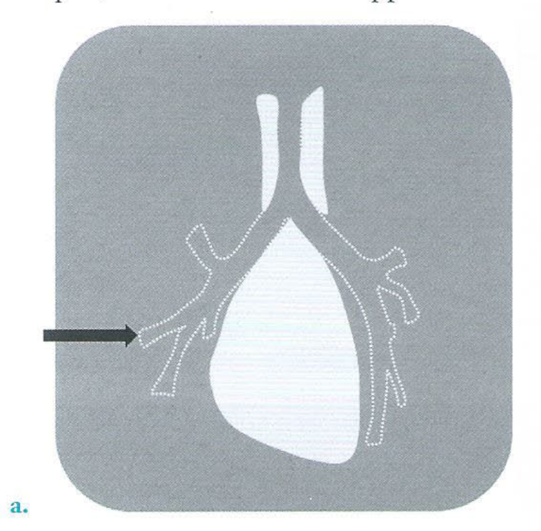
b. micronodules calcifiés : multiples opacités denses de petite taille des moitiés inférieures des champs pulmonaires.

Condensation ou syndrome de comblement alvéolaire (ou syndrome alvéolaire)

Correspond au **remplissage des alvéoles** (normalement aérées) par du **liquide** et/ou un **contenu cellulaire**.

La **trame vasculaire n'est plus visible.**

On observe une ou des opacités **confluentes**, occupant tout ou une partie du champ pulmonaire, avec parfois visualisation d'un **bronchogramme aérique**. Le bronchogramme aérique correspond à la visibilité de la lumière bronchique au sein d'une condensation pulmonaire. En effet, chez un sujet sain, les parois bronchiques sont fines et invisibles au sein du parenchyme pulmonaire normalement aéré. Lorsque les alvéoles remplies de liquide ou de débris cellulaires silhouettent les lumières bronchiques, celles-ci deviennent apparentes.


a.

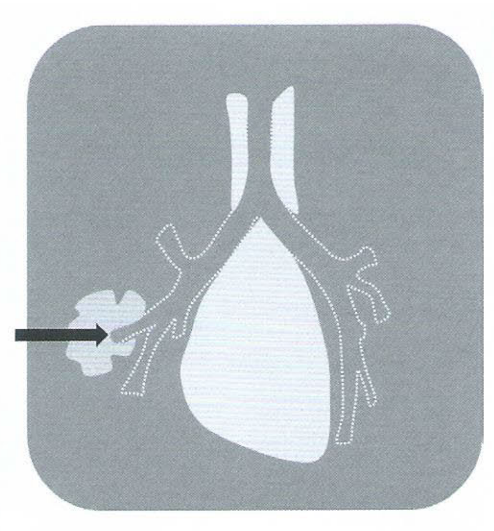

b.

Figure 165 - Bronchogramme aérique
a. la bronche normale (flèche) n'est pas visible au sein du parenchyme pulmonaire normalement aéré ; **b.** comblement alvéolaire venant mouler les parois bronchiques : l'air contenu dans la bronche devient individualisable au sein du parenchyme malade.

Les caractéristiques de la condensation alvéolaire doivent être précisées.

Caractère rétractile ou non rétractile

Une condensation rétractile oriente vers une **atélectasie**. L'atélectasie correspond à une réduction de volume partielle ou totale du poumon engendrée par une obstruction bronchique en amont. Elle se traduit par une opacité de forme variable en fonction du territoire intéressé, et surtout par des signes indirects témoins de la perte de volume : **ascension de la coupole diaphragmatique** homolatérale, **déplacement des structures médiastinales** vers le territoire atélectasié, **déplacement des limites scissurales** qui prennent un aspect concave vers le parenchyme sain. Il n'y a pas de bronchogramme aérique.

Localisation de la condensation

- **Sytématisation à un segment ou un lobe pulmonaire**. Elle survient si la majorité des alvéoles du segment ou du lobe est concernée par le processus de comblement. La condensation est le plus souvent limitée par une scissure, ses bords apparaissent donc nets. Le cas le plus typique est celui des pneumopathies infectieuses.
- **Répartition péri-hilaire** (aile de papillon) : le syndrome alvéolaire respecte la périphérie et les apex. Le cas le plus typique est celui de l'œdème pulmonaire.

- **Autres types de répartition** : elles peuvent se voir au début d'un processus (pneumopathie débutante avant systématisation par exemple) ou dans certaines maladies pneumologiques spécifiques (condensations périphériques par exemple).

Signes associés

À rechercher pour la démarche étiologiques. L'analyse systématique du cliché aura permis de rechercher des adénopathies, un épanchement pleural, une lyse osseuse, etc.

IMPORTANT

Applications du signe de la silhouette aux condensations pulmonaires

Pour diagnostiquer et localiser certaines condensations alvéolaires, il est nécessaire d'analyser les bords du médiastin et du diaphragme. Si l'air pulmonaire est remplacé par du liquide ou des débris cellulaires (pneumopathie) ou du poumon « tassé » (atélectasie), disparaissent et permettent de localiser le processus.

Bord devenu flou ou disparaissant	Anomalie à suspecter (foyer de condensation ou atélectasie)
Coupole droite du diaphragme	Lobe inférieur droit
Coupole gauche du diaphragme	Lobe inférieur gauche
Bord droit du cœur	Lobe moyen
Bord gauche du cœur	Lobe supérieur gauche

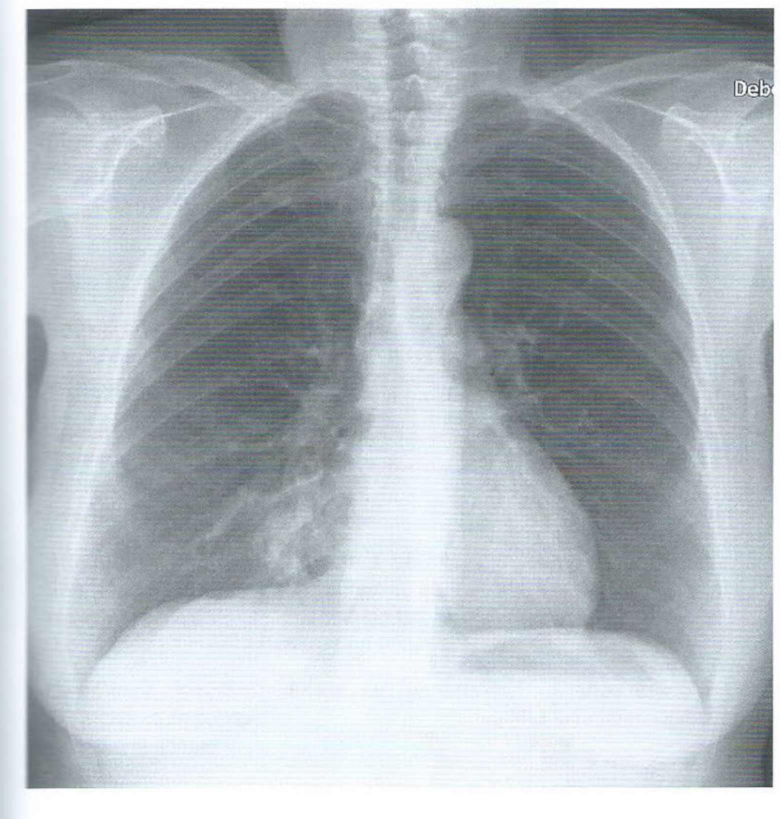
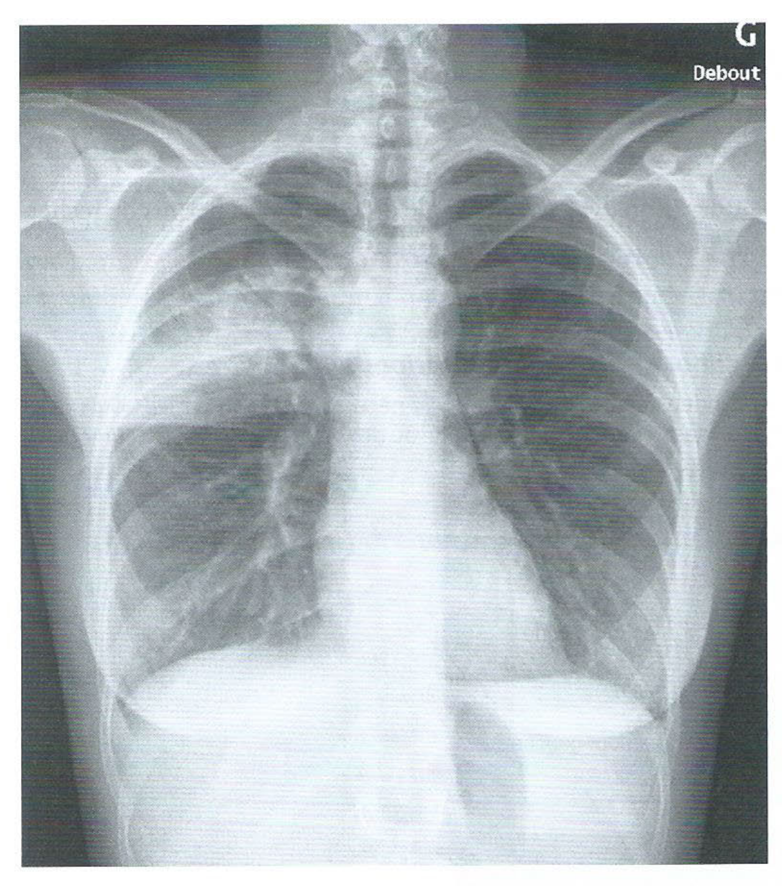


Figure 166 - Condensations alvéolaires
a. pneumopathie du lobe moyen : opacités alvéolaires effaçant partiellement le bord droit du cœur.



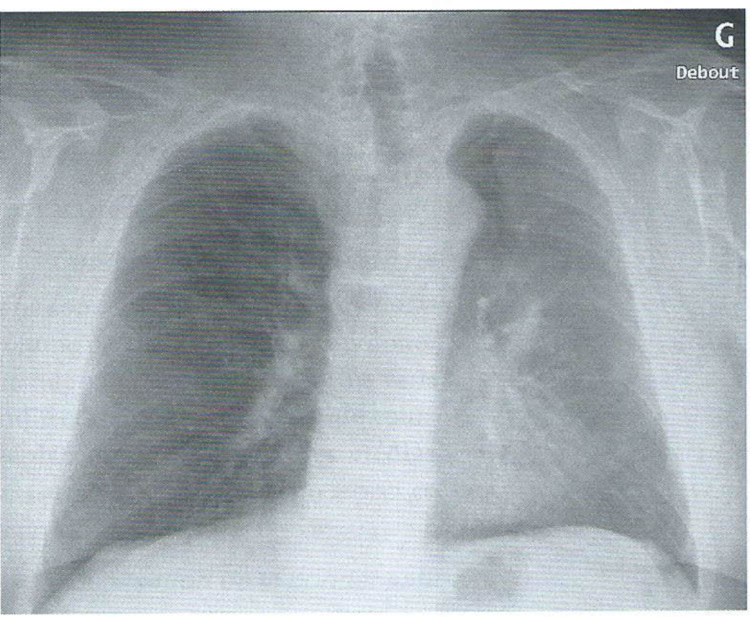


Figure 166 - Condensations alvéolaires

b. pneumopathie du lobe supérieur droit ; syndrome alvéolaire systématisé, reposant sur la petite scissure (limite inférieure nette).

c. atélectasie du lobe supérieur gauche : opacité du poumon gauche avec disparition du bord gauche du cœur, diminution du volume du champ pulmonaire gauche et attraction du médiastin à gauche.

Syndrome interstitiel

- Correspond à l'**augmentation anormale d'épaisseur des éléments constituant l'interstitium pulmonaire** (cloisons intralobulaires, septums interlobulaires, tissus péribroncho-vasculaires).

Creusons le sujet
Répartition de l'interstitium pulmonaire

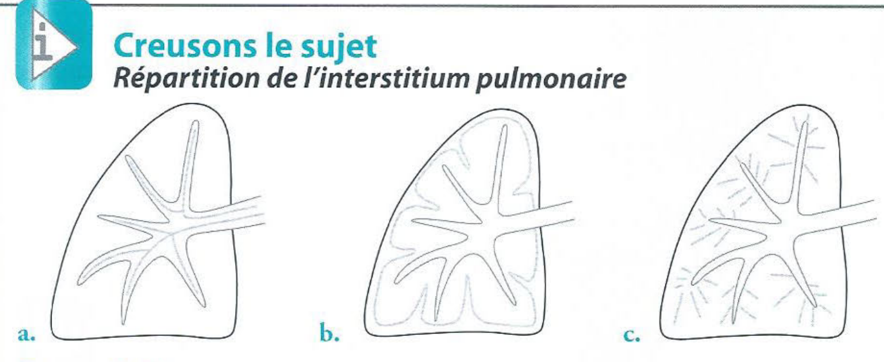


Figure 167 - Interstitium pulmonaire
a. interstitium péribroncho-vasculaire et centrolobulaire (entourant les ramifications bronchiques et artérielles pulmonaires) **b.** interstitium sous-pleural et interlobulaire (séparant les lobules pulmonaires secondaires) **c.** interstitium intralobulaire (au sein des lobules pulmonaires secondaires).

- Cette augmentation peut être d'origine variable : secondaire à un **œdème**, une **infiltration cellulaire** ou une **fibrose**.
- Ces éléments, non visibles à l'état normal, **deviennent individualisables**. Le tableau ci-dessous donne la sémiologie radiographique du syndrome interstitiel.

Anomalie anatomique	Traduction radiologique	Description
Septums interlobulaires épaissis	Lignes de Kerley A et B (appelées aussi lignes septales)	▸ Opacités linéaires régulières de 1 à 2 mm d'épaisseur ▸ Lignes de Kerley B : de petite taille (1 à 2 cm de long), horizontales, de siège sous-pleural, aux bases ▸ Lignes de Kerley A : de taille souvent plus grande, curviligne, de siège sous-pleural, aux parties moyennes et supérieures des poumons
Entrecroisement de septums interlobulaires épaissis	Lignes de Kerley C (appelées aussi opacités réticulées)	Opacités linéaires irrégulières, parfois associées à des micronodules (opacités réticulo-nodulaires)
Atteinte de l'interstitium intralobulaire et/ou remplissage alvéolaire partiel	Verre dépoli	Opacités floues, mal limitées, n'effaçant pas la trame vasculaire sous-jacente (au contraire de la condensation alvéolaire)
Atteinte de l'interstitium péribroncho-vasculaire	Opacités péribroncho-vasculaires et effacement de la trame vasculaire péri-hilaires	Opacités péri-hilaires, floues, confluentes, associées à des signes interstitiels périphériques (à la différence du syndrome alvéolaire)
Destruction complète de l'architecture pulmonaire par la fibrose	Images en rayons de miel	Clartés arrondies ou ovalaires, jointives, de taille relativement similaire, bien visible en situation sous-pleurale

Des nodules ou micronodules peuvent s'ajouter aux autres signes d'atteinte interstitielle.
Le diagnostic de syndrome interstitiel repose sur l'association de différents signes décrits ci-dessus. Il faut garder en tête que certains signes pris isolément ne sont pas spécifiques du syndrome interstitiel. Enfin, le syndrome interstitiel **peut s'associer à un syndrome alvéolaire**, devenant plus difficile à individualiser si la condensation alvéolaire masque la trame interstitielle sous-jacente.

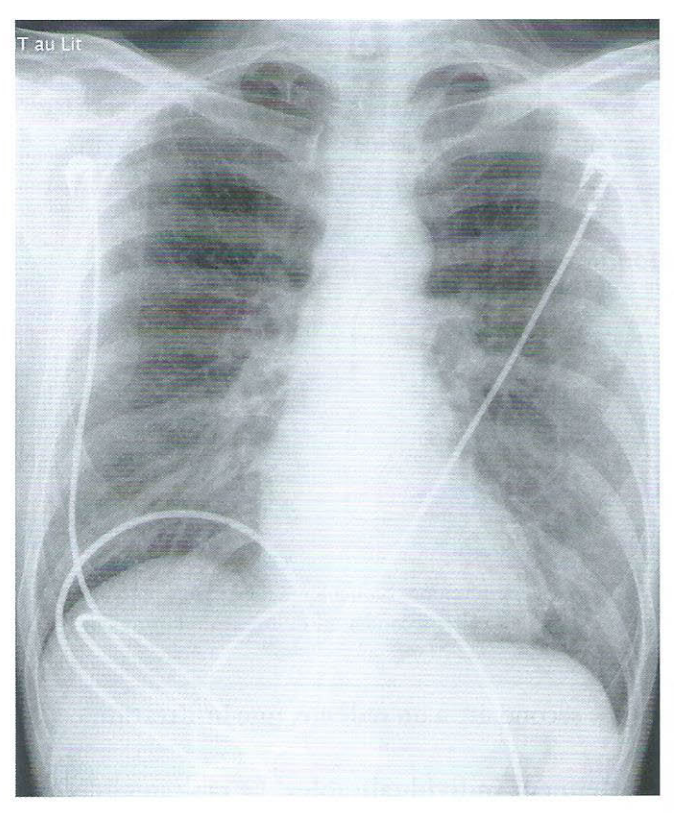


Figure 168 - Pneumocystose pulmonaire révélé par un verre dépoli étendu

Opacités diffuses mal limitées des deux champs pulmonaires n'effaçant pas la trame vasculaire. Superpostion des électrodes et fils de scope (patient de réanimation).

Figure 169 - Fibrose pulmonaire (+ zoom)

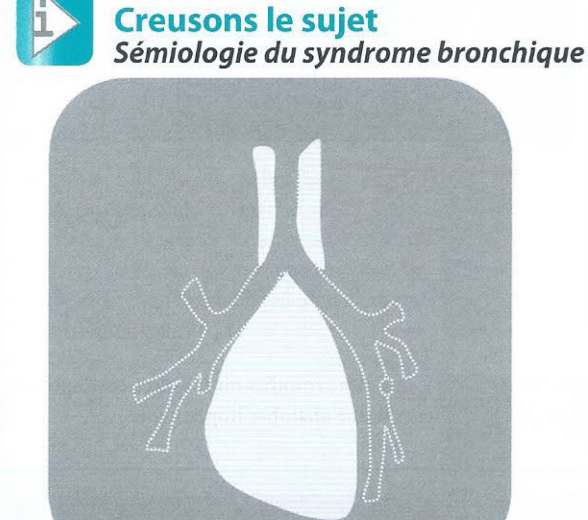
Opacités réticulées diffuses, prédominant aux bases pulmonaires avec, sur le zoom, des images en rayons de miel (flèches noires), petite scissure nettement visible et abaissée à droite (flèches blanches) témoignant de son épaississement et de la perte de volume du lobe inférieur droit.

Syndrome bronchique

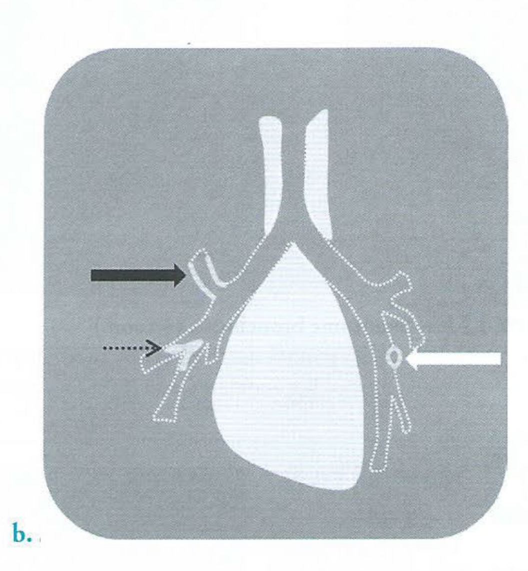
Il est constitué de l'association de plusieurs éléments :

- **augmentation de l'épaisseur des parois bronchiques** ; les parois bronchiques, fines et donc non visibles à l'état normal, deviennent individualisables au sein du parenchyme pulmonaire :
  - sous forme de « **rails** » (si le rayon incident est orthogonal à l'axe de la bronche) ;
  - sous forme d'« **anneaux** » (si le rayon incident est parallèle à l'axe de la bronche) ;
- **dilatation de la lumière bronchique** ; les bronches dilatées (et à parois souvent épaissies) deviennent visibles sous forme de **clartés de taille variable**, dont les contours sont plus ou moins réguliers ;
- **remplissage de la lumière bronchique par des sécrétions** ; les bronches remplies de mucus deviennent visibles sous forme d'**opacités arrondies ou tubulaires**, voire branchées en « Y ».

Creusons le sujet
Sémiologie du syndrome bronchique



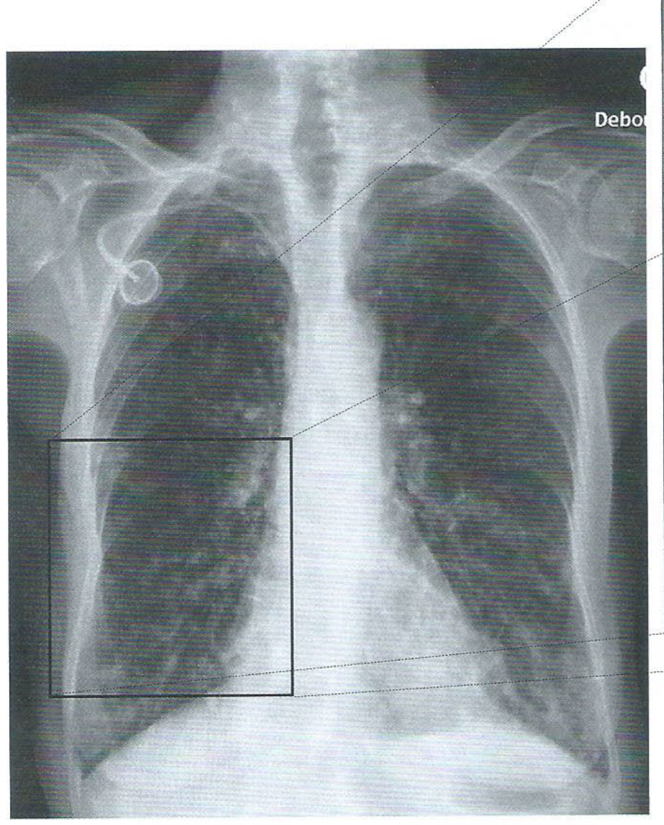
a.



b.

Figure 170 - Sémiologie du syndrome bronchique

a. bronches normales (en pointillés) non visibles à l'état normal ; **b.** syndrome bronchique. Épaississement des parois bronchiques responsables d'un aspect en « rail » (flèche noire), ou d'un aspect en « anneau » (si vue en fuite, flèche blanche). Comblement de la lumière bronchique par des impactions de mucus, dessinant l'arbre bronchique (opacité en « V », flèche pointillée).



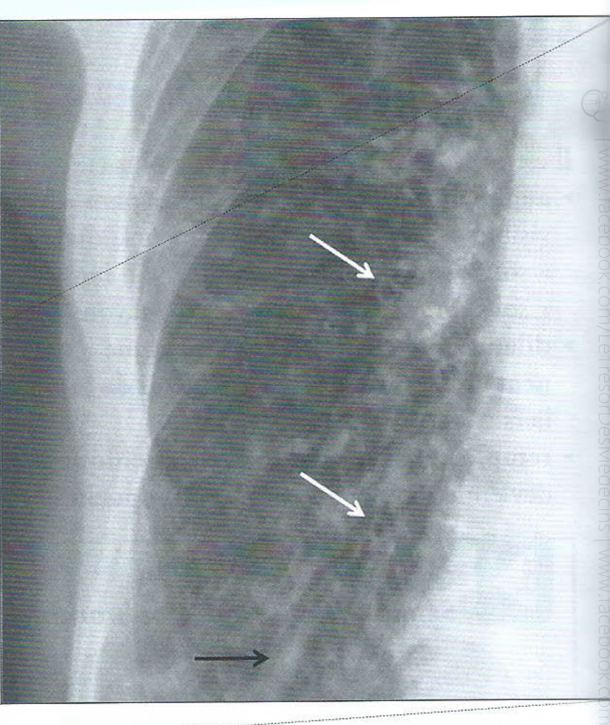


Figure 171 - Syndrome bronchique (+ zoom)
Images parenchymateuses en anneaux (flèches blanches), et en rails (flèche noire), opacités arrondies ou tubulées correspondant à des impactions de mucus. Les anomalies sont diffuses. Patient porteur par ailleurs d'une chambre implantable.

IMPORTANT
Quelques images pièges d'opacités pulmonaires

Il peut s'agir d'une structure pariétale physiologique ou pathologique, mimant une ou des opacités pulmonaires, qu'il faut savoir reconnaître. Plusieurs exemples suivent *(voir figure 172)*.

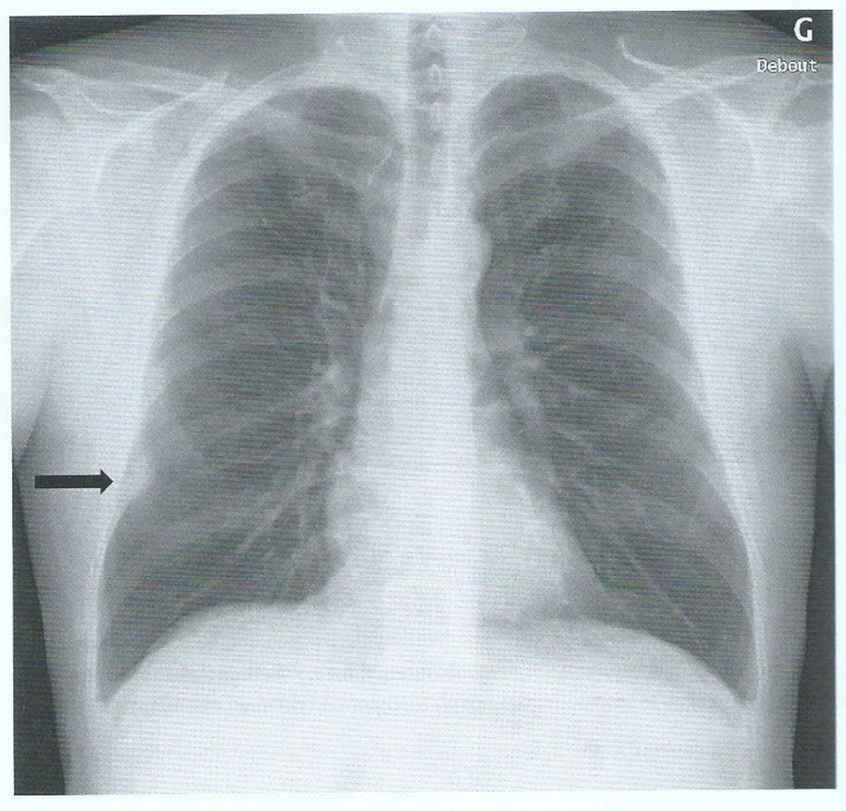
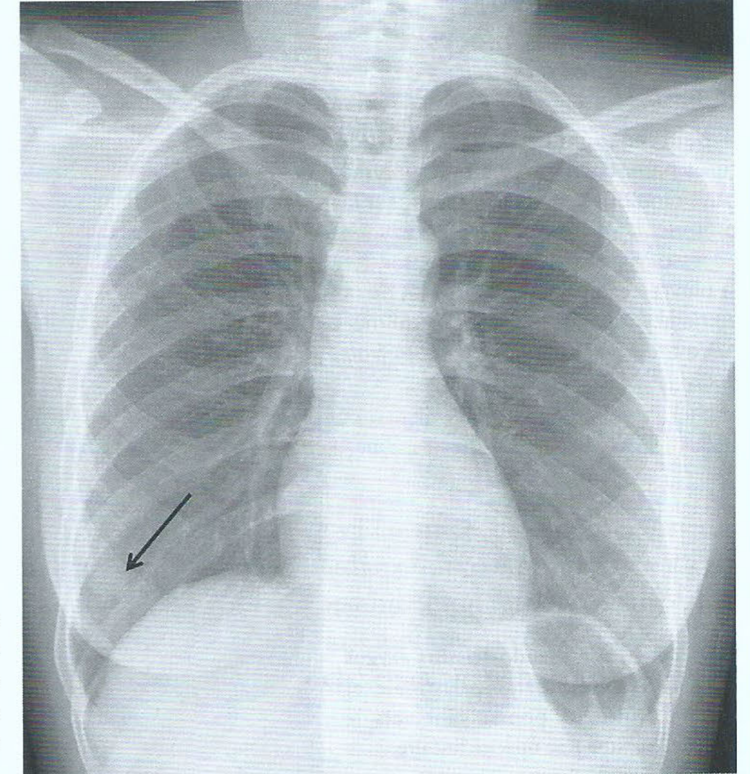
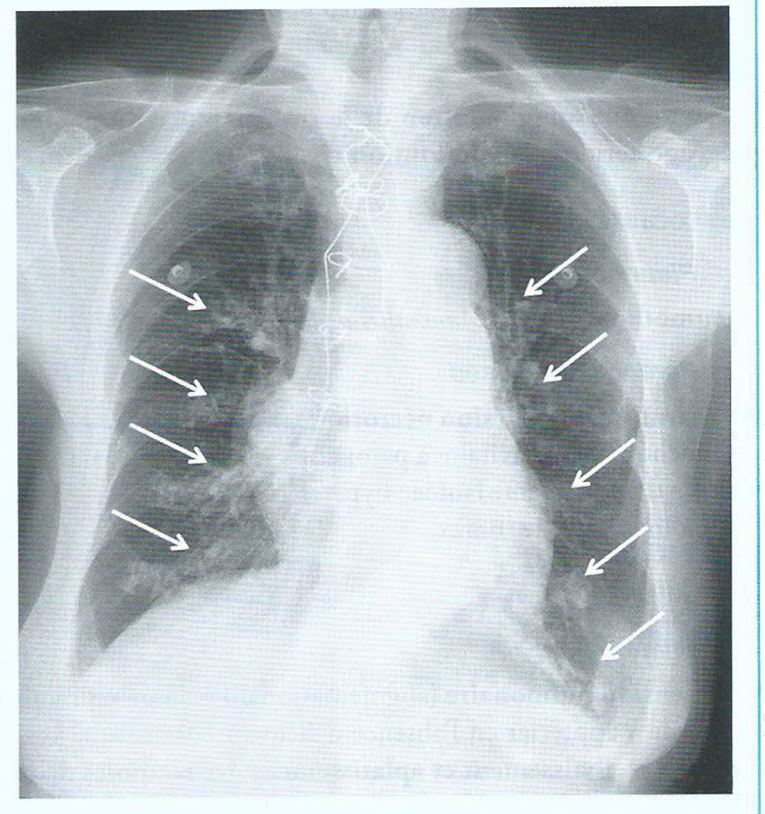


Figure 172 - Projections d'éléments extrapulmonaires responsables de fausses images d'opacité parenchymateuse
a. cal osseux de l'arc antérieur de la septième côte droite : opacité dense centrée sur la cote (flèche), pouvant prêter à confusion avec un nodule pulmonaire.

IMPORTANT
Quelques images pièges d'opacités pulmonaires (suite)



b. projection du mamelon droit sur le champ pulmonaire : opacité ronde bien limitée, au centre de l'ombre mammaire (flèche). En cas de doute, on peut répéter le cliché en cerclant le mamelon d'un élément dense (fil métallique) ;



c. calcifications chondrocostales bilatérales : opacités denses mal limitées, symétriques, en regard des cartilages costaux (fréquent chez les personnes âgées). À noter également des fils de sternotomie.

IMPORTANT
Quelques images pièges d'opacités pulmonaires (suite)

Il peut également s'agir de structures parenchymateuses pulmonaires physiologiques. Un cas fréquent est la présence d'une pseudo-scissure azygos accessoire : c'est une invagination de la plèvre accompagnant le trajet de la veine azygos traversant l'apex pulmonaire droit (variante anatomique) *(voir figure 173)*.

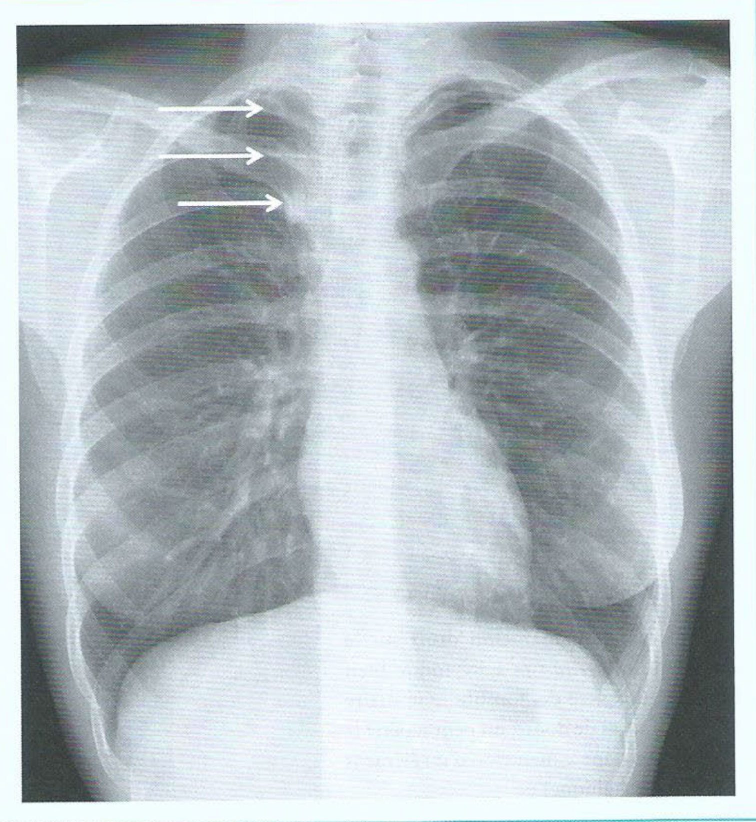


Figure 173 - Pseudo-scissure azygos
Opacité arrondie paramédiastinale et apicale droite, se poursuivant vers le sommet par une fine opacité linéaire.

1.5.2 Hyperclartés

Il s'agit d'une **augmentation de la transparence du parenchyme pulmonaire**, secondaire à un **piégeage aérien**, une **diminution de la vascularisation**, ou une **destruction parenchymateuse**.

Localisées

Pleurales

Pneumothorax *(voir « Anomalies de la plèvre », page 203).*

Parenchymateuses

- **Excavation d'une lésion nécrotique** (infectieuse, tumorale) : la lésion évacue son contenu via une bronche : image cavitaire à paroi épaisse, possible niveau hydroaérique.
- **Bulle d'emphysème isolée** : hyperclarté de contours nets, à paroi fine, souvent difficiles à voir sur la radiographie de thorax.

Diffuses

Bilatérales

- **Distension pulmonaire** (augmentation du volume pulmonaire) : l'hyperclarté diffuse est souvent difficile à apprécier en l'absence d'élément comparatif. Les autres signes de distension sont plus évidents : **abaissement et aplatissement des coupoles** diaphragmatiques (voire apparition d'une concavité vers le haut), **augmentation du nombre d'arc costaux antérieurs visibles** au-dessus du diaphragme (plus de 7 arcs costaux visibles à droite), **horizontalisation des côtes** et **augmentation des espaces clairs** rétrocardiaque et rétrosternal, et des **angles costo-diaphragmatiques** sur

le cliché de profil. Il peut s'y associer un **piégeage expiratoire** (absence de diminution du volume pulmonaire sur un cliché réalisé en expiration). Le tableau ci-dessous détaille les signes associés possibles en fonction des causes de distension pulmonaire.

Étiologies	Signes associés possibles
Broncho-pneumopathie obstructive chronique	Syndrome bronchique *(voir page 219)*
Emphysème centrolobulaire	Distension discrète, répartition préférentielle aux moitiés supérieures des poumons, dilatation des artères pulmonaires, élargissement de la silhouette cardiaque en « sabot », syndrome bronchique
Emphysème panlobulaire	Distension marquée, hypovascularisation pulmonaire, prédominance aux moitiés inférieures des poumons, silhouette cardiaque verticalisée en « goutte », pas de dilatation des artères pulmonaires (ou tardive), bulles emphysémateuses *(voir « Clartés localisées », page 222)*

N.B. : Les signes d'emphysème tels qu'ils sont décrits ci-dessus manquent de sensibilité (emphysème panlobulaire) et de spécificité (emphysème centrolobulaire). D'autre part, l'emphysème centrolobulaire est le plus souvent associé à une bronchopneumopathie obstructive.

- **Hypovascularisation pulmonaire** : raréfaction de la trame vasculaire. Elle est observée en cas d'**obstruction artérielle pulmonaire** (embolie pulmonaire, cardiopathies congénitales), mais aussi dans les cas de **vasoconstriction hypoxique** (bronchopneumopathie chronique obstructive). Dans le premier cas, les signes sont souvent discrets (en raison de la suppléance artérielle systémique), dans le deuxième cas, les signes sont plus évidents sur un cliché en expiration dans les territoires de piégeage.

Unilatérales

- **Origine bronchique** : obstruction bronchique, tumorale ou par corps étranger (chez l'enfant).
- **Origine vasculaire** : poumon postembolique, ou séquelle d'infection de l'enfance (syndrome de Mac Leod : petit poumon clair unilatéral).

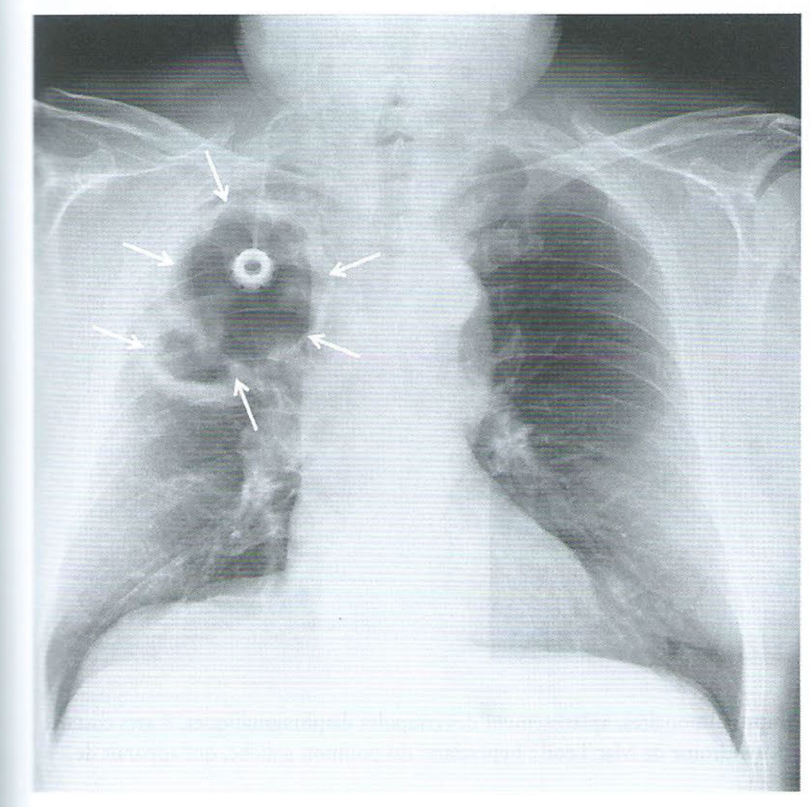
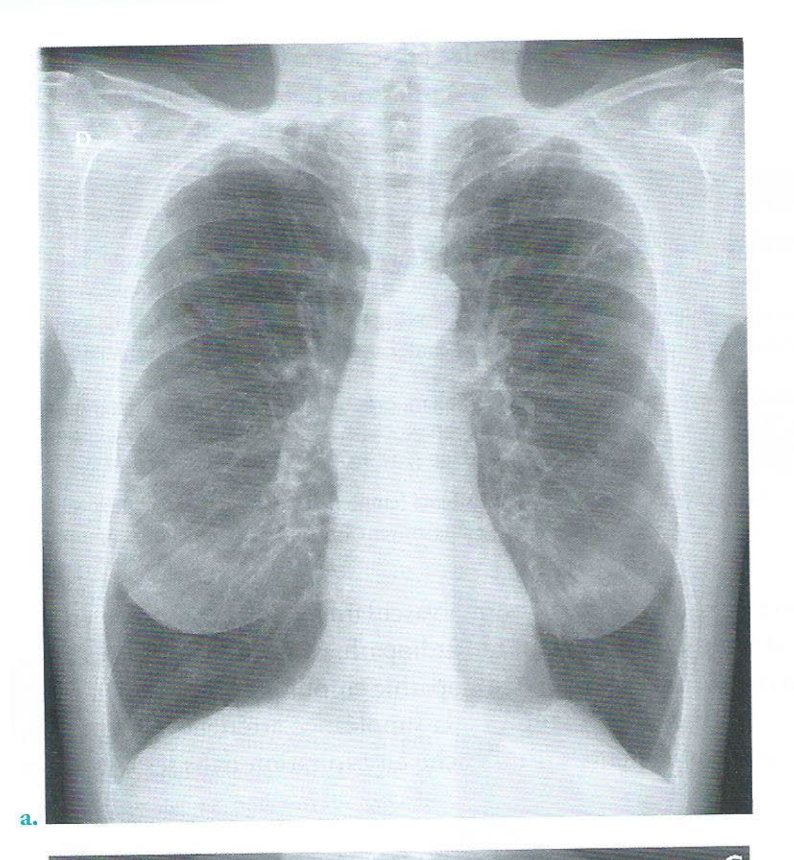
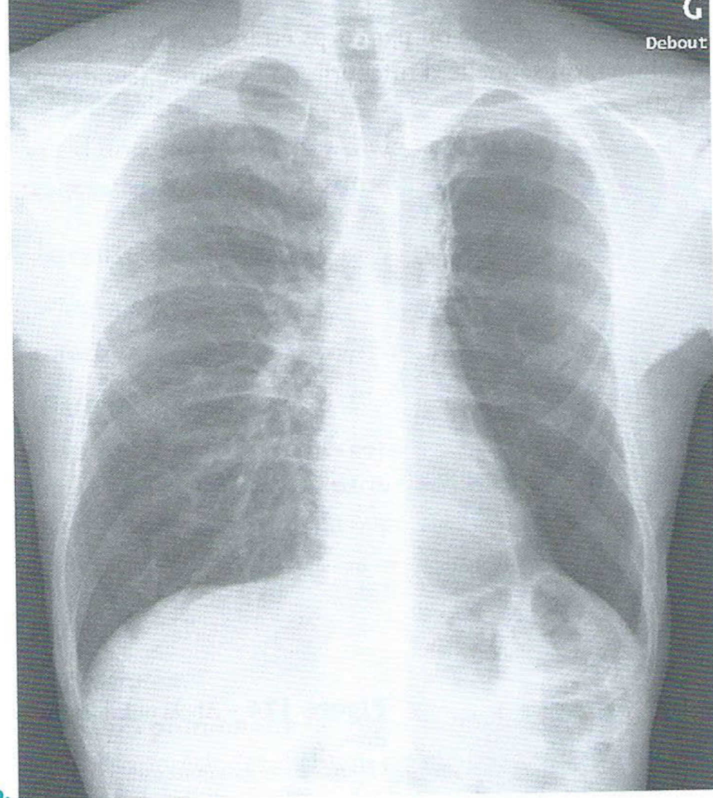


Figure 174 - Abcès pulmonaire droit
Cavité parenchymateuse à paroi épaisse (flèches). Patient traité pour un cancer bronchique juxta hilaire droit (gros hile droit, chambre implantable). Aorte thoracique déroulée.



a.



b.

Figure 175 - Hyperclartés pulmonaires

a. distension pulmonaire : hyperclarté des champs pulmonaires, aplatissement des coupoles diaphragmatiques, 8 arcs costaux antérieurs visibles au-dessus du diaphragme ; **b.** syndrome de Mac Leod : hyperclarté du poumon gauche, qui apparaît de petite taille comparativement au côté droit.

2 Sémiologie de la TDM thoracique

Les termes suivants seront utiles.

Terme	Définition
Opacité	Terme aspécifique, désignant simplement une atténuation des rayons X
Condensation	Augmentation de densité du parenchyme pulmonaire effaçant la trame vasculaire
Verre dépoli	Augmentation de densité du parenchyme pulmonaire n'effaçant pas la trame vasculaire
Nodule	Opacité plus ou moins bien limitée, mesurant moins de 3 cm de diamètre
Masse	Lésion parenchymateuse, pleurale ou médiastinale de plus de 3 cm de diamètre
Micronodule	Nodule de moins de 3 mm En cas de micronodules multiples, on peut caractériser leur répartition de : ‣ périlymphatique : les micronodules sont en général à contours nets, et situés dans l'interstitium pulmonaire, bien visibles au contact des feuillets pleuraux (notamment sur les scissures) et autours des axes broncho-vasculaires ; ‣ centrolobulaires : les micronodules sont à contours flous et situés au centre des bronchioles, réalisant parfois un aspect « branché », épargnant les scissures et les territoires sous pleuraux ; ‣ aléatoire : les micronodules n'ont pas de distribution prédominante.
Kyste	Cavité à paroi fine, en général de contenu aérique, de taille variable
Épaississements septaux	Augmentation d'épaisseur des septums interlobulaires, devenant anormalement visibles (en raison d'un œdème, d'une fibrose, d'une infiltration cellulaire)
Rayon de miel	Signe de fibrose pulmonaire, traduisant une destruction du parenchyme pulmonaire fonctionnel. S'utilise en présence de kystes de petite taille, bien limités, séparés par des murs épais, et répartis sur au moins deux couches
Bronchectasie	Dilatation des parois bronchiques. Le calibre de la bronche ne dépasse pas normalement le calibre de l'artère pulmonaire qu'elle accompagne. On parle de bronchectasie de traction lorsque la dilatation est secondaire à la traction du parenchyme pulmonaire pathologique sur la bronche
Fibrose pulmonaire	C'est une atteinte irréversible du parenchyme pulmonaire. Elle est constituée d'images de distorsion architecturale (déformation des scissures), de rayon de miel et de bronchectasies de traction

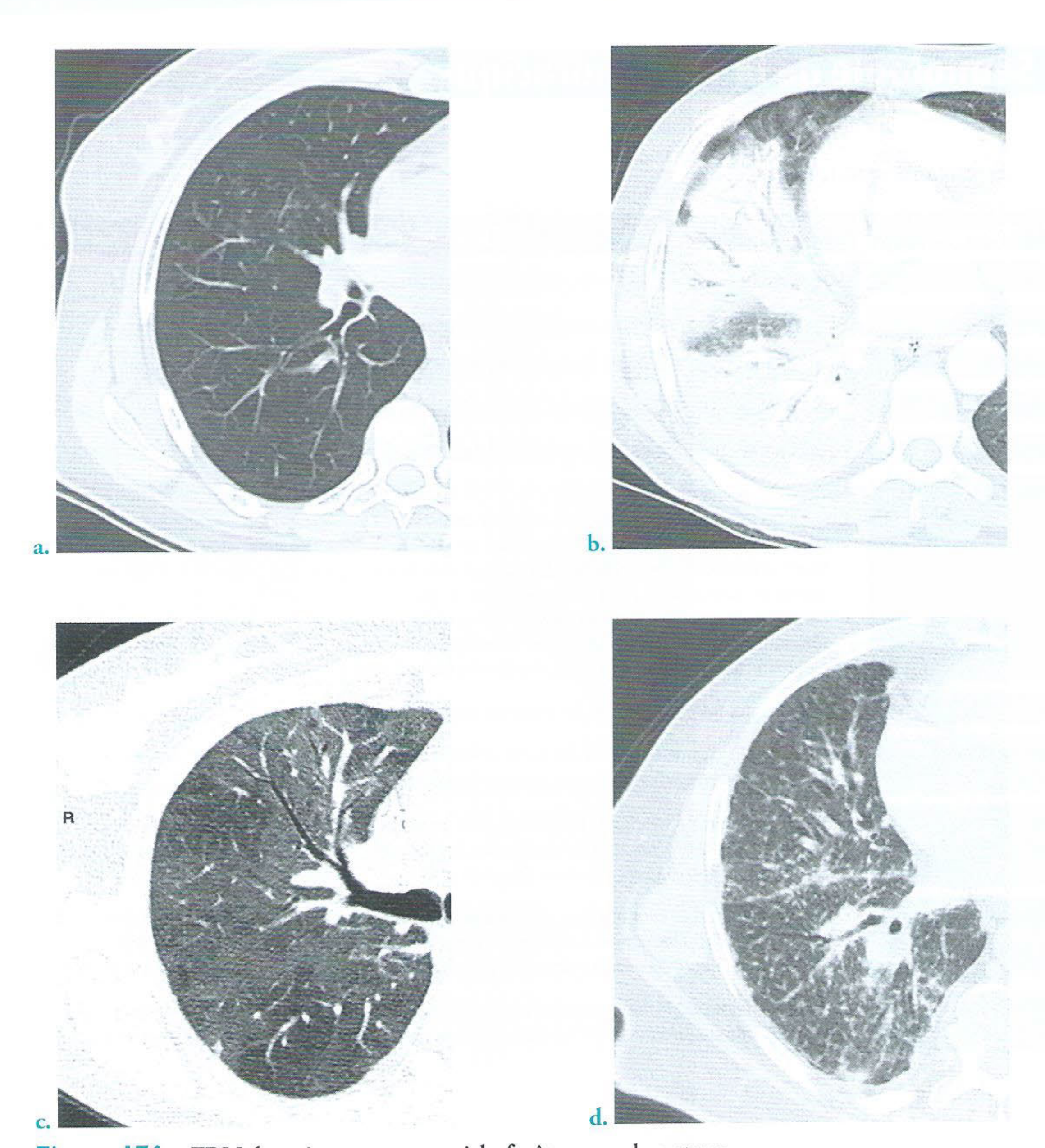


Figure 176 - TDM thoraciques en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse
a. Parenchyme pulmonaire normal ; b. condensation parenchymateuse (avec bronchogramme aérique). c. verre dépoli ; d. micronodules (ici de répartition périlymphatique).

e.

f.

g.

Figure 176 (suite) - TDM thoraciques en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse
e. kystes ; f. épaississements septaux ; g. rayons de miel.

Chapitre 5
Pathologie infectieuse

Item n° 151. Infections bronchopulmonaires communautaires de l'adulte et de l'enfant
Item n° 155. Tuberculose de l'adulte et de l'enfant
Item n° 165. Infections à VIH

1 Pneumonies communautaires

1.1 Physiopathologie

Deux éléments sont combinés : l'**aspiration de bactéries** présentes dans les sécrétions rhino-pharyngées ou l'inhalation de bactéries présentes dans l'environnement, et **une capacité d'épuration bactérienne** de l'organisme **dépassée**.

1.1.1 Pneumonie lobaire (type « pneumocoque »)

- **Prolifération** des bactéries **dans les alvéoles pulmonaires** et **comblement de la lumière alvéolaire** par des leucocytes.
- **Disparition de l'aération normale** des alvéoles.
- **Extension progressive** limitée par la plèvre.
- **Risque de nécrose parenchymateuse** par thrombose infectieuse, possible excavation en cas d'évacuation de la nécrose par les voies aériennes.

1.1.2 Pneumonie interstitielle (type *Mycoplasma pneumoniae*)

- Adhésion de l'agent infectieux à l'**épithélium pulmonaire**.
- **Lyse cellulaire alvéolaire** et **bronchiolaire**, source d'une **inflammation** œdémateuse et cellulaire de l'interstitium périphérique et proximal.

1.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif** (pas de diagnostic bactériologique en routine) et recherche des **complications éventuelles**. Dans ce cas, elle peut également **guider** la réalisation de prélèvements endoscopiques.

1.2.1 Modalités

Radiographie de thorax face et profil

L'examen est **indiqué en 1re intention** pour le diagnostic positif, la recherche de complication et pour le diagnostic différentiel. La réalisation de deux incidences permet de mieux localiser le ou les lobes atteints.

TDM thoracique

Elle n'est pas indiquée en première intention chez le sujet immunocompétent, mais à réaliser secondairement en cas de signes cliniques de gravité ou de mauvaise évolution, ou en cas d'épisodes répétés à la recherche d'un facteur favorisant.
Chez le sujet immunodéprimé, les indications de la TDM thoracique sont plus larges afin de ne pas méconnaître une infection opportuniste.

1.2.2 Signes positifs

Pneumonie lobaire

Condensation alvéolaire : opacité parenchymateuse homogène, non rétractile, parfois associé à un bronchogramme aérique, initialement à bords flous, puis systématisé à un lobe ou un segment par la plèvre pariétale ou scissurale.

Pneumonie interstitielle

Syndrome interstitiel diffus : opacités en verre dépoli, épaississements septaux, micronodules centrolobulaires d'aspect « branchés ». Les pneumonies à germes intracellulaires peuvent également prendre moins souvent la forme de condensations alvéolaires multiples, souvent mal limitées.

Pour aller plus loin

Autres formes d'infections pulmonaires

Il existe d'autres formes d'atteinte infectieuse pulmonaire. En cas de multiples condensations de petite taille péribronchovasculaires, souvent associées à des micronodules centrolobulaires d'aspect « branchés », on parle de broncho-pneumonie. Les embolies septiques se traduisent par des nodules multiples parfois troués, associés à des condensations triangulaires sous pleurales correspondant à des infarctus.

Figure 177 - Embolies septiques chez un patient porteur d'un cathéter veineux central
Nodules bilatéraux (flèches noires) et condensations sous-pleurales grossièrement triangulaires multiples (flèches blanches).

1.2.3 Signes associés et signes de gravité

Abcédation et excavation

Opacité arrondie, homogène, avec présence d'un niveau hydroaérique en cas d'excavation.

Épanchement pleural

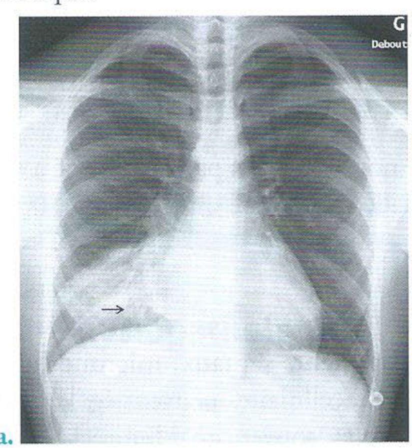
Son abondance doit être évaluée : le plus souvent, simple émoussement d'un récessus pleural et/ou épanchement scissural de faible abondance.

Extension d'un syndrome alvéolaire à plus de deux lobes pulmonaires

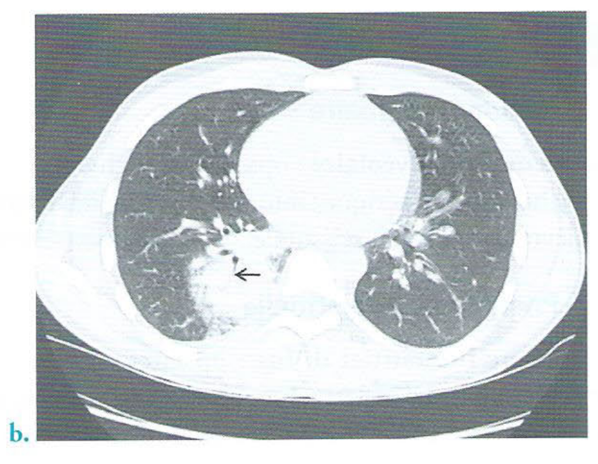
C'est un signe de gravité.

1.2.4 Surveillance

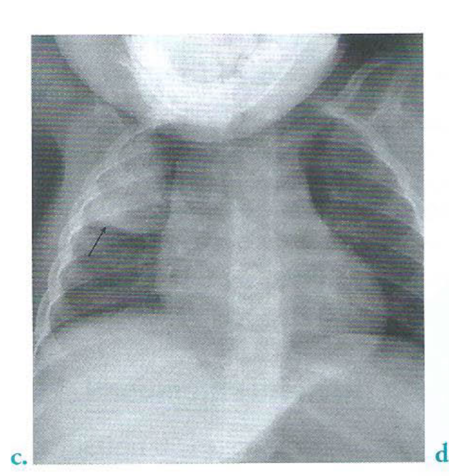
Retard radioclinique : persistance habituelle des signes radiologiques plusieurs jours après la guérison clinique.



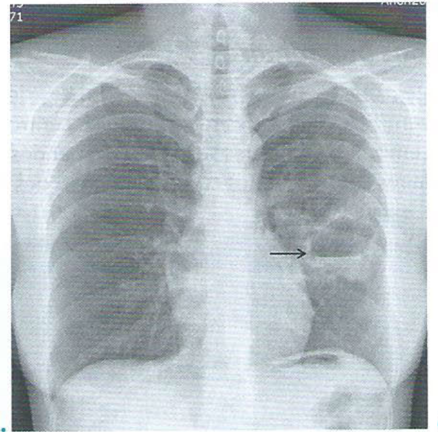
a.



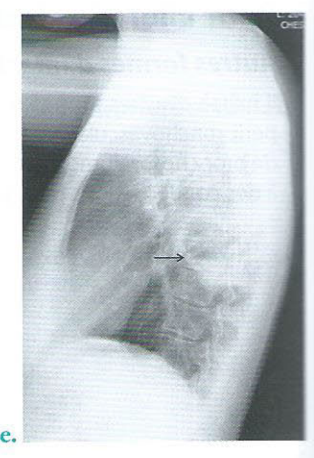
b.



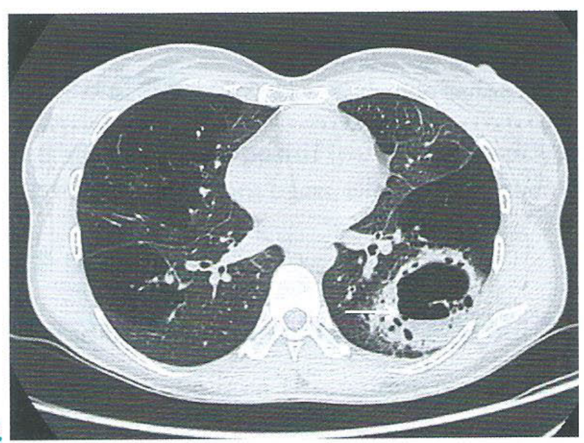
c.



d.



e.



f.

Figure 178 - Pneumonies communautaires
a. radiographie de thorax de face montrant une condensation alvéolaire basale droite avec bronchogramme aérique (flèche) n'effaçant pas le bord droit du cœur, donc située dans le lobe inférieur droit ; **b.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que a), apportant les mêmes informations : condensation alvéolaire basale droite avec bronchogramme aérique (flèche) ; **c.** radiographie de thorax de face chez un enfant de 30 mois. Condensation supérieure droite avec appui scissural : pneumonie lobaire supérieure droite ; **d.** et **e.** radiographies de thorax de face (**d.**) et de profil (**e.**) montrant une opacité gauche arrondie avec niveau hydroaérique (flèche), postérieure sur le profil, correspondant à un abcès excavé du lobe inférieur gauche ; **f.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que **d.** et **e.**) : mêmes constatations (flèche désignant le niveau hydroaérique de l'abcès).

2 Tuberculose pulmonaire

2.1 Primo-infection tuberculeuse

2.1.1 Physiopathologie

Il s'agit de la **pénétration d'une mycobactérie tuberculeuse** provenant d'un sujet bacillifère, via des gouttelettes de salive, **dans les voies respiratoires distales** (alvéoles) :

- **multiplication des mycobactéries** dans les macrophages alvéolaires (foyer primaire ou chancre d'inoculation) ;
- **réponse immunitaire** de l'organisme, se traduisant par l'accumulation de cellules monocytaires d'allure épithélioïde, entourées d'une couronne de lymphocytes : c'est le granulome tuberculeux. Au centre de ces lésions peut apparaître une nécrose à riche contenu lipidique (nécrose caséeuse) ;
- transport des mycobactéries vers les **ganglions hilaires**, où elles poursuivent leur multiplication (adénopathie satellite). Cette phase est le plus souvent asymptomatique.

IMPORTANT

Sites de développement préférentiel de la tuberculose

La mycobactérie se développe habituellement dans les secteurs les mieux ventilés du poumon, favorables à son développement (bactérie aérobie stricte) : les segments apicaux et dorsaux des lobes supérieurs et les segments apicaux des lobes inférieurs. Ces secteurs ont par ailleurs un faible drainage lymphatique.

2.1.2 Imagerie

Elle est utilisée pour le **dépistage** de sujets exposés.

Modalités

Radiographie de thorax de face

Systématiquement réalisée dans un contexte de suspicion de primo-infection tuberculeuse (dépistage de l'entourage d'un patient porteur d'une tuberculose avérée, intradermoréaction à la tuberculine positive).

TDM thoracique

Non indiquée en première intention, réalisée s'il y a un doute dans le diagnostic de tuberculose pulmonaire commune.

Signes positifs

Ils sont **absents le plus souvent**, la radiographie de thorax étant normale. On peut parfois voir :

- le **chancre d'inoculation** (rarement visible) révélé par une opacité nodulaire peu dense aux sites préférentiels de développement ;
- des **adénopathies médiastinales** et/ou **hilaires**, souvent multiples, typiquement unilatérales (à centre nécrotique si supérieure à 20 mm, uniquement visible en TDM) ;
- un **épanchement pleural** réactionnel, de faible abondance.

Complications

Atélectasie segmentaire ou lobaire en cas d'adénopathie volumineuse comprimant une bronche segmentaire ou lobaire.

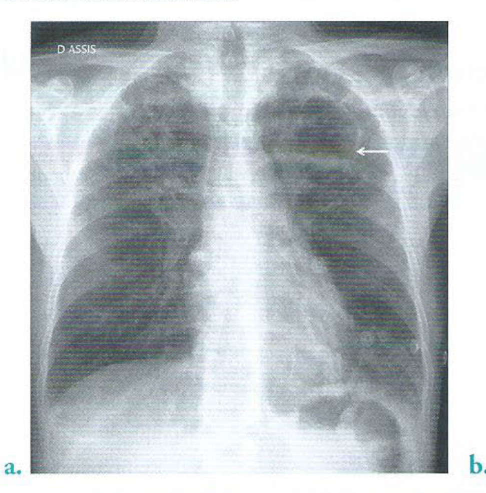
2.2 Tuberculose pulmonaire commune

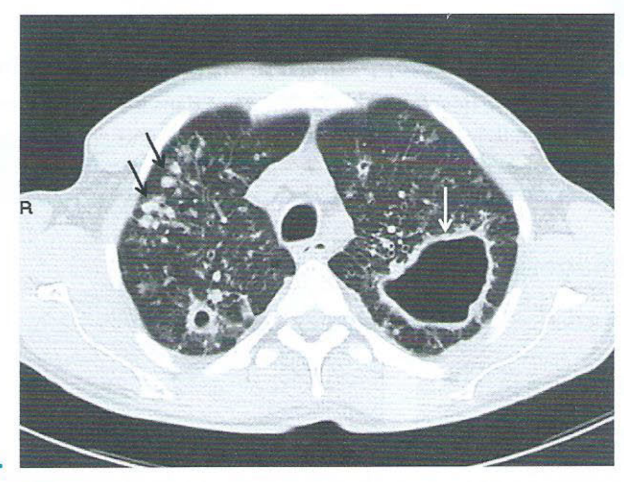
2.2.1 Physiopathologie

Elle succède à la primo-infection tuberculeuse après un délai variable, en général **à la faveur d'une baisse immunitaire**, plus rarement par réinfestation.
Il se produit alors une **dissémination par voie bronchique des mycobactéries** à partir du foyer primaire.
L'imagerie met en évidence les granulomes se développant autour des bronches et des bronchioles.

2.2.2 Imagerie

Elle apporte des éléments forts pour le **diagnostic positif** (confirmé par un examen bactériologique) et est utile au **suivi**.

a.


b.


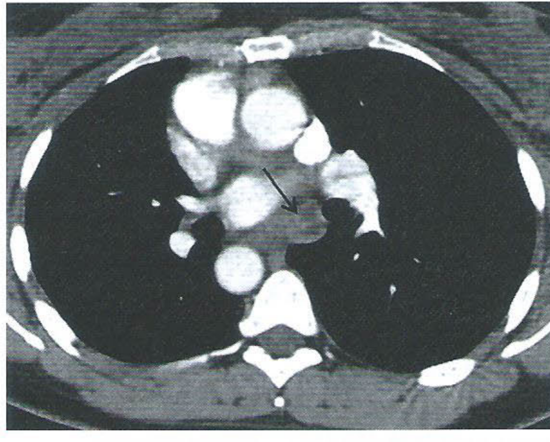
c.


Figure 179 - Tuberculose pulmonaire commune
a. radiographie de thorax de face, avec nodules et micronodules des lobes supérieurs, et image de caverne lobaire supérieure gauche à paroi épaisse (flèche) ; **b.** TDM thoracique, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que a), passant par les lobes supérieurs : nodules denses (flèches noires), associés à des micronodules et à des images excavées bilatérales. La caverne, excavation à parois épaisses visible à gauche (flèche blanche), correspond à celle vue sur la radiographie de thorax ; **c.** TDM thoracique, coupe axiale, fenêtre médiastinale (autre patient). Adénopathie tuberculeuse sous carénaire, partiellement nécrotique (flèche).

Modalités

Radiographie de thorax de face

Examen de première intention, mais manquant de sensibilité que ce soit dans la détection des adénopathies ou des anomalies parenchymateuses.

TDM thoracique

Participe au diagnostic précoce de la tuberculose pulmonaire et évalue son évolutivité, réalise également le suivi.

IMPORTANT
Recherche d'autres localisations tuberculeuses
La recherche systématique est inutile devant une tuberculose pulmonaire en l'absence de signes cliniques (le cas de la miliaire tuberculeuse étant à part).

Signes positifs

Adénopathies hilaires et/ou médiastinales

Anomalies parenchymateuses prédominant dans les lobes supérieurs et les segments apicaux des lobes inférieurs

- Témoignant d'une **tuberculose active** : nodules et micronodules denses, isolés ou groupés, disposés le long des axes bronchiques, condensations alvéolaires excavées, cavernes (excavation parenchymateuse) à parois épaisses et irrégulières, à proximité des micronodules.
- Associés parfois à des **images séquellaires** *(voir « Séquelles tuberculeuses », page 234)* : lésions fibreuses, nodules calcifiés, ganglions médiastinaux et hilaires calcifiés, calcifications pleurales.
- **Plus rarement** :
  - imagerie normale (patient atteint du VIH) ;
  - macronodule isolé (tuberculome) devant faire rechercher le diagnostic différentiel de néoplasie.

Signes de gravité

- Anomalies parenchymateuses **étendues**, **bilatérales**.
- **Pneumothorax** (grave dans ce contexte).

Signes associés

- **Tuberculeuse pleurale** : épanchement et épaississement pleural.
- **Tuberculeuse vertébrale** : spondylodiscite tuberculeuse *(voir page 392, « Spondylodiscite »)*.

2.3 Miliaire tuberculeuse

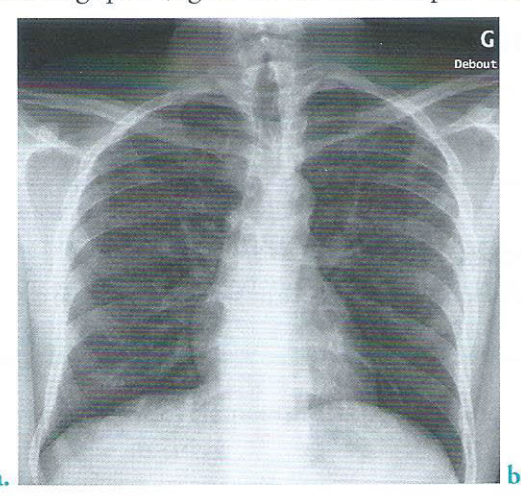
2.3.1 Physiopathologie

Elle survient **en présence d'un foyer caséeux préexistant** :
- **érosion artériolaire**,
- puis **passage vasculaire** de multiples mycobactéries,
- et **ensemencement bactérien par voie hématogène** pouvant intéresser de nombreux organes, dont le poumon.

Les autres organes les plus souvent atteints sont les méninges, le foie et la rétine.

2.3.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif de la miliaire**. Le diagnostic étiologique (il existe des miliaires virales, métastatiques…) sera réalisé grâce à l'association des signes cliniques, biologiques, et éventuellement radiologiques (signes de tuberculose pulmonaire active, de séquelles tuberculeuses).



a.

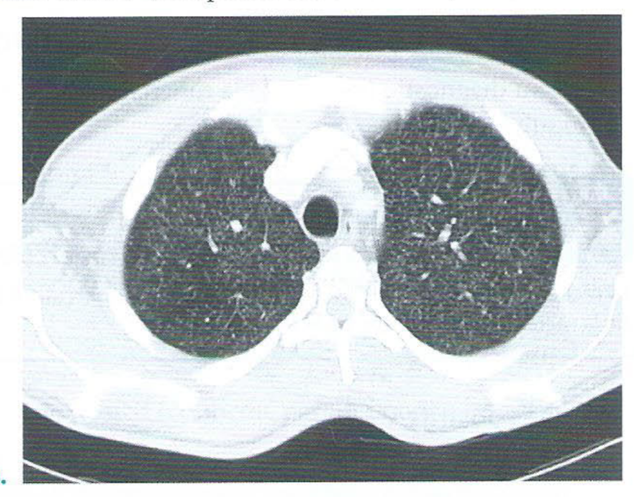

b.

Figure 180 - Miliaire tuberculeuse
a. radiographie de thorax de face : micronodulation homogène, diffuse ; b. TDM thoracique avec injection de produit de contraste en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que a : mêmes constatations).

Modalités

Radiographie de thorax de face

Souvent réalisée en première intention, les signes sont cependant visibles plus tardivement qu'en TDM.

TDM thoracique

Elle **pose précocement le diagnostic de miliaire** et doit être réalisée au moindre doute.

Signes positifs

Micronodules diffus de faible densité, bien limités, répartis dans les deux champs pulmonaires.

Signes associés

Signes de **primo-infection tuberculeuse**, de **tuberculose pulmonaire** ou de **séquelles tuberculeuses** *(voir ci-après)*.

2.4 Séquelles tuberculeuses

2.4.1 Physiopathologie

Ce sont les **lésions parenchymateuses irréversibles** créées par la tuberculose pulmonaire :
- drainage du caseum liquifié dans une bronche adjacente entraînant la formation d'une **cavité parenchymateuse** (caverne) ;
- dilatations des bronches irréversibles responsables des **bronchectasies séquellaires** ;

- processus de calcifications des granulomes aboutissant à des **calcifications parenchymateuses et ganglionnaires**.

La caverne tuberculeuse favorise le risque de greffe aspergillaire.

2.4.2 Imagerie

Modalités

Ce sont les mêmes que pour la tuberculose pulmonaire commune.

Signes positifs

Localisation typique (lobes supérieurs, segments apicaux des lobes inférieurs) des différents signes :
- **cavité tuberculeuse** : à paroi fine, sans signes de réactivation (absence de nodules ou de micronodules adjacents) ;
- **lésions fibreuses** : opacités linéaires plus ou moins rétractiles, emphysème cicatriciel, ascension des hiles ;
- **nodules et micronodules calcifiés**, **adénopathies calcifiées**, **calcifications pleurales**.

Complications

Greffe aspergillaire : masse arrondie, solide, homogène et mobile au sein d'une cavité pulmonaire préexistante (image en « grelot »), avec épaississement des parois de la cavité.

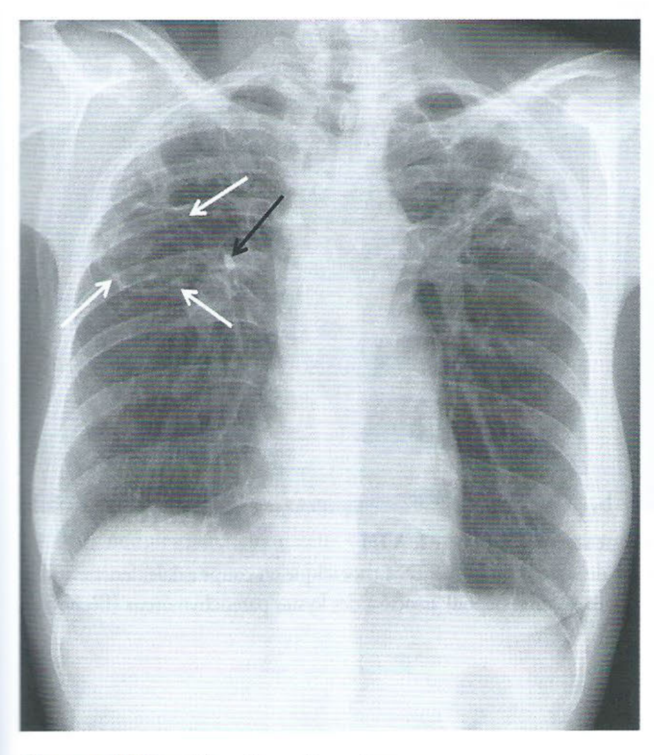


Figure 181 - Séquelles tuberculeuses

Opacités fibreuses des apex avec ascension des hiles. Cavernes à parois fines du lobe supérieur droit (la plus volumineuse désignée par les flèches blanches). Calcification juxta-hilaire (flèche noire).

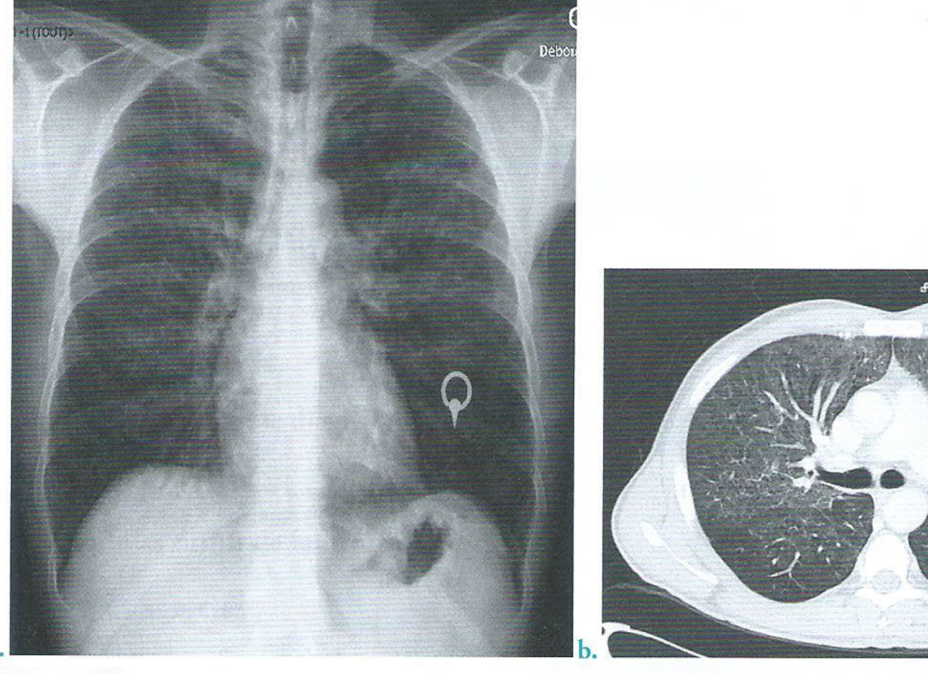
3 Pneumocystose pulmonaire

3.1 Physiopathologie

L'agent pathogène est un parasite protozoaire *(Pneumocystis jiroveci)* de transmission interhumaine par inhalation. La pneumocystose est secondaire à la **multiplication alvéolaire** de parasites, qui se produit en cas de **déficit de l'immunité** essentiellement **cellulaire** (infection par le VIH, traitement immunosuppresseur).
Il en résulte une atteinte prédominante de l'**interstitium pulmonaire** le plus souvent, avec parfois une composante alvéolaire.

3.2 Imagerie

Le diagnostic positif est **microbiologique**, mais l'imagerie révèle souvent de bons **signes d'orientation**. Elle sert aussi pour le **suivi**.



a. b.

Figure 182 - Pneumocystose pulmonaire chez un patient séropositif pour le VIH
a. radiographie de thorax de face : syndrome interstitiel diffus formé de verre dépoli ; b. TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que a. : syndrome interstitiel diffus [plages de verre dépoli] associé à des kystes parenchymateux [flèches] du lobe supérieur gauche).

3.2.1 Modalités

Radiographie de thorax de face

C'est l'**examen de première intention** devant une dyspnée fébrile chez un sujet immunodéprimé, moins sensible que la TDM.

TDM thoracique

Elle est **souvent réalisée en cas de forte suspicion** de pneumocystose pulmonaire, de meilleure sensibilité que la radiographie mais avec une spécificité variable. Elle permet de guider la topographie de la réalisation du lavage broncho-alvéolaire, dont la positivité posera le diagnostic.

3.2.2 Signes positifs

- **Plages de verre dépoli diffuses**, à prédominance périhilaire, avec respect relatif des régions sous-pleurales.
- **Kystes** à parois nettes, prédominant aux lobes supérieurs (signe spécifique mais peu sensible).
- **Opacités réticulées** (épaississements septaux).
- **Condensations alvéolaires** : possibles.

3.2.3 Complications

Pneumothorax, par rupture de kyste sous-pleural.

Pour aller plus loin

Infections pulmonaires du sujet immunodéprimé

En dehors de la pneumocystose, il existe d'autres infections pulmonaires opportunistes du sujet immunodéprimé, avec des caractéristiques plus ou moins typiques. On peut citer notamment l'aspergillose pulmonaire invasive, infection fongique survenant chez les sujets avec neutropénie prolongée et se traduisant typiquement par des nodules multiples cernés de verre dépoli (signe cependant non spécifiques), et les infections virales (CMV, HSV, VZV). Les bactéries responsables d'infections communautaires sont bien sûr également en cause dans les pneumonies du sujet immunodéprimé, avec des atteintes volontiers plus extensives.

a.

b.

Figure 183 - Aspergillose invasive
TDM thoracique en coupes axiales successives vers les bases, fenêtre parenchymateuse.
Deux nodules parenchymateux centimétriques (flèches) dont un cerné de verre dépoli (**a.**).

Chapitre 6
Pneumopathies interstitielles diffuses

Item n° 206. Pneumopathie interstitielle diffuse
Item n° 207. Sarcoïdose

IMPORTANT
Exploration d'une pneumopathie intersitielle diffuse

Radiographie de thorax de face : examen de première intention, réalisé devant une suspicion diagnostique de maladie interstitielle pulmonaire ;
TDM thoracique : réalisée sans injection de produit de contraste, en coupes millimétriques. Sa sensibilité et sa spécificité sont largement supérieures à celles de la radiographie de thorax. C'est l'examen clé pour :
- faire le diagnostic positif du syndrome interstitiel ;
- chercher des éléments d'orientation étiologique (type et répartition de l'atteinte interstitielle, signes associés…) ;
- évaluer la gravité (signes de fibrose) et chercher des complications (greffe aspergillaire) ;
- réaliser le suivi sous traitement.

1 Sarcoïdose pulmonaire

1.1 Physiopathologie

C'est une **réaction immunitaire excessive** à un antigène d'origine inconnue :
- **activation des lymphocytes T4**, s'accumulant dans les alvéoles ;
- production de lymphokines et **activation des macrophages qui** se transforment en **cellules épithélioïdes** ;
- formation de **granulomes épithélioïdes gigantocellulaires sans nécrose caséeuse**, se développant via les **lymphatiques présents dans l'interstitium pulmonaire** (autour des bronches et des vaisseaux, en périphérie du lobule pulmonaire).

L'évolution est ensuite **variable** : les lésions interstitielles peuvent régresser sans séquelle ou évoluer vers la fibrose irréversible.
On regroupe l'atteinte interstitielle pulmonaire avec l'atteinte médiastinale pour former **l'atteinte thoracique** de la sarcoïdose.

Pour aller plus loin

Autres localisations de la sarcoïdose

Les localisations médiastino-pulmonaires intéressent 90 % des patients atteints de sarcoïdose.
Dans 50 % des cas, elles sont associées à des localisations extrathoraciques.

1.2 Imagerie

Le diagnostic positif de la sarcoïdose est **histologique** (mise en évidence de granulome gigantocellulaires sans nécrose caséeuse sur un prélèvement biopsique). L'imagerie occupe cependant un **rôle central**. Elle **fait suspecter le diagnostic** avant la confirmation histologique. Elle **évalue le stade** de l'atteinte et sert à la **surveillance**. Enfin, elle découvre souvent fortuitement une sarcoïdose asymptomatique sur un cliché standard (réalisé de façon systématique, pour la médecine du travail par exemple, ou pour un autre symptôme pulmonaire sans rapport avec la sarcoïdose).

1.2.1 Modalités

Radiographie de thorax de face

C'est l'**examen de première intention**, devant la suspicion diagnostique. Elle permet la classification en quatre stades *(voir l'encadré « Important » ci-après)* et le suivi dans les cas simples.

TDM thoracique

Elle est toujours réalisée. Sa sensibilité est meilleure que la radiographie (identification d'adénopathies et d'atteinte interstitielle invisible à la radiographie). Elle oriente le diagnostic positif, fait le diagnostic précis de l'évolutivité (distinction entre lésions réversibles et irréversibles) et apprécie la réponse thérapeutique.

1.2.2 Signes positifs

Radiographie de thorax

Classification en quatre types radiologiques.

IMPORTANT
Classification de la sarcoïdose thoracique sur la radiographie de thorax

Stade I	Adénopathies interbronchiques et hilaires, bilatérales et symétriques non compressives (absence d'atélectasie lobaire ou segmentaire)
Stade II	Adénopathies décrites au stade I associées à un syndrome interstitiel diffus
Stade III	Syndrome interstitiel diffus sans adénopathie
Stade IV	Lésions de fibrose pulmonaire

TDM thoracique

Atteinte ganglionnaire

Adénopathies interbronchiques et **hilaires bilatérales**, **symétriques**, **typiquement non compressives**, **adénopathies médiastinales** (fréquemment sous-carénaires).

Atteinte interstitielle

- Anomalies parenchymateuses réversibles témoignant d'une atteinte des lymphatiques de l'interstitium pulmonaire : **micronodules** de distribution péribronchique et sous-pleurale ; **épaississement septaux** irréguliers.

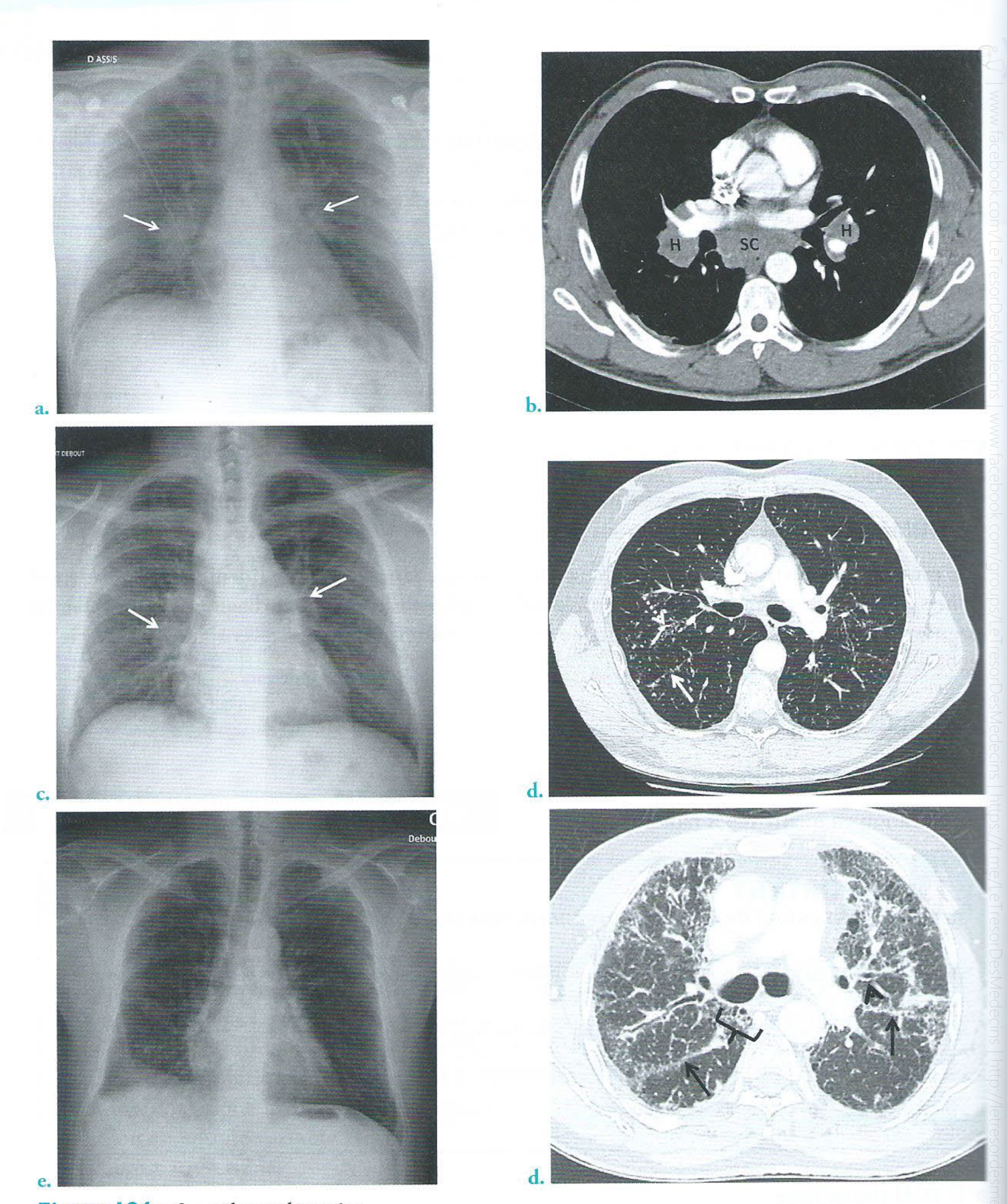


Figure 184 - Sarcoïdose pulmonaire

a. radiographie de thorax de face ; sarcoïdose thoracique stade I : adénopathies hiliaires bilatérales et symétriques (flèches) sans atteinte parenchymateuse ; **b.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste en coupe axiale, fenêtre médiastinale (même patient que a) ; adénopathies hilaires (« H ») et sous-carénaires (« SC ») ; **c.** radiographie de thorax de face ; sarcoïdose thoracique stade II ; adénopathies hilaires bilatérales (flèches) et discrets signes d'atteinte parenchymateuse (opacités réticulo-nodulaires bilatérales, confirmées par la TDM thoracique) ; **d.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse ; sarcoïdose thoracique stade III : micronodules péribroncho-vasculaires (flèche pointillée) et sous-pleuraux, bien visibles sur la grande scissure droite (flèche pleine) ; absence d'adénopathie médiastinale ou hilaire ; **e.** radiographie de thorax de face ; sarcoïdose stade IV (fibrose pulmonaire) : opacités réticulés diffuses, diminution de volume du champ pulmonaire droit ; **f.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que e) ; images en rayon de miel (exemple : accolade), distorsion des scissures (flèches), épaississements péribroncho-vasculaires et bronchectasies de traction (exemple : tête de flèche).

- Anomalies parenchymateuses irréversibles témoignant d'une fibrose pulmonaire (rarement étendues) : **déformation des scissures ; images en rayon de miel, bronchestasies de traction.**
- Les anomalies parenchymateuses prédominent aux **lobes supérieurs**.
- Autres anomalies moins fréquentes : verre dépoli, condensation, atteinte pleurale.

1.2.3 Complications

Greffe aspergillaire : masse arrondie, solide, homogène et mobile au sein d'une cavité pulmonaire préexistante (image en « grelot »), avec épaississement des parois de la cavité.

2 Pneumoconioses

Ce sont des pneumopathies causées par l'**inhalation** et la **fixation de poussières minérales** dans le **parenchyme pulmonaire**.

2.1 Silicose

2.1.1 Physiopathologie

La silicose est secondaire à l'inhalation de **particules de silice** (exposition professionnelle) :
- **destruction des macrophages alvéolaires** et recrutement d'autres cellules (lymphocytes, polynucléaires) ;
- **déséquilibre de la synthèse du collagène** :
  - en faveur de la destruction : apparition d'un **emphysème** ;
  - en faveur de la production : formation de **nodules silicotiques**.

Les complications sont **infectieuses** (greffe aspergillaire) et **néoplasiques** (cancer broncho-pulmonaire primitif).

2.1.2 Imagerie

Elle est utilisée pour le **dépistage** de la silicose dans les populations exposées professionnellement. Elle fait le **bilan lésionnel**, recherche des **complications** et réalise le **suivi**.

Modalités

Radiographie de thorax de face

Examen de première intention pour le dépistage systématique des personnes exposées.

TDM thoracique

Indiqué pour diagnostic lésionnel plus précis. Il sert également pour le suivi et la recherche de complications.

Signes positifs

Adénopathies hilaires

Bilatérales, **calcifiées** (aspect typique « en coquille d'œuf »).

Atteinte parenchymateuse

- Aspect initial de **miliaire** (micronodulation diffuse).
- Puis **opacités nodulaires bilatérales** prédominant aux sommets (régions de faible drainage lymphatique : stagnations des particules de silice), **confluant en masses** pseudo-tumorales **péri-hilaires**.
- **Emphysème** : hyperclarté des bases (radiographie), diminution de la densité pulmonaire et disparition des structures centrolobulaires (TDM).

Complications

- **Tuberculose pulmonaire** surajoutée, **pneumothorax**, **cancer broncho-pulmonaire** primitif *(voir les chapitres dédiés).*
- **Greffe aspergillaire** : masse arrondie, solide, homogène et mobile au sein d'une cavité pulmonaire préexistante (image en « grelot »), avec épaississement des parois de la cavité.

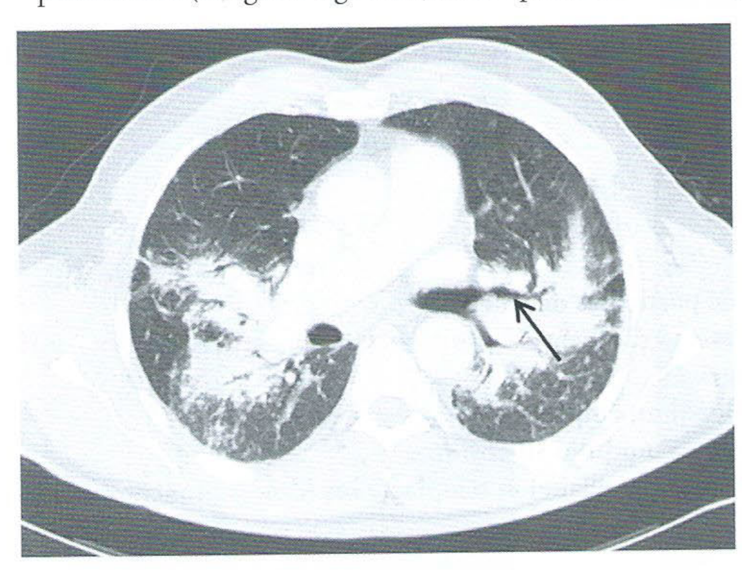


Figure 185 - Silicose
TDM thoracique avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. Condensations péri-hilaires bilatérales avec images de bronchogramme aérique (exemple : flèche).

2.2 Asbestose

2.2.1 Physiopathologie

Elle est secondaire à l'inhalation de **particules d'amiante** cytotoxiques (exposition professionnelle) :

- **phagocytose par les macrophages** ;
- **séquestration dans l'interstitium pulmonaire** sans élimination possible ;
- **effet fibrosant** avec apparition d'une pneumopathie interstitielle chronique.

L'atteinte débute en général dix à quinze ans après le début de l'exposition.

L'effet fibrosant touche également la plèvre pariétale. Un **deuxième effet, oncogène**, augmente le risque de développer un cancer broncho-pulmonaire ou un mésothéliome.

2.2.2 Imagerie

Le diagnostic de certitude est théoriquement posé sur un **examen histopathologique** (mise en évidence de corps asbestosiques dans un liquide de lavage broncho-alvéolaire). L'imagerie permet cependant une **orientation diagnostique** forte chez les patients exposés. Elle sert aussi au dépistage de ces patients puis permet un **bilan lésionnel** précis et la **surveillance**.

Modalités

Radiographie de thorax de face

Examen remplacé par la TDM thoracique pour le dépistage (non systématique) des sujets exposés à l'amiante.

TDM thoracique

Examen plus sensible que la radiographie thoracique, il oriente le diagnostic positif, fait le diagnostic d'évolutivité, recherche les complications et assure le suivi.

Signes positifs

- **Opacités linéaires** puis **réticulonodulaires** prédominant aux bases (radiographie de thorax).
- **Opacités curvilignes** parallèles à la plèvre, **épaississements septaux** puis images en **rayons de miel** prédominant dans les segments postérieurs des lobes inférieurs (TDM thoracique).

Signes associés

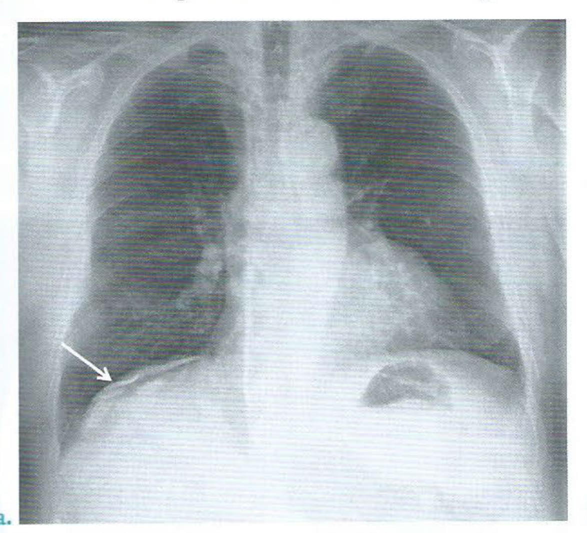
Il existe d'autres atteintes pulmonaires secondaire à l'exposition à l'amiante.

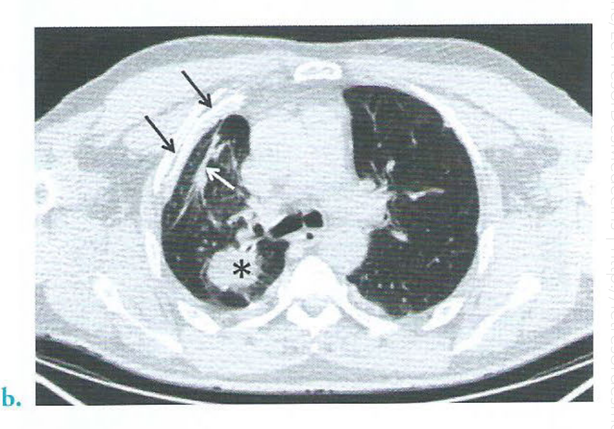
Atteintes bénignes

Plaques pleurales : épaississements de la plèvre pariétale discontinus, réguliers (quadrangulaires sur la TDM), asymétriques, fréquemment calcifiés, prédominant à la moitié inférieure du thorax.

Atteintes malignes

Mésothéliome *(voir « Épanchement pleural liquidien », page 249)* et **cancer broncho-pulmonaire** *(voir dans le chapitre 8, « Cancer broncho-pulmonaire primitif », page 253).*


a.



b.

Figure 186 - Pathologies liées à l'amiante
a. radiographie de thorax de face : calcifications de la plèvre diaphragmatique droite sous forme d'hyperdensités linéaires (flèche) : plaques pleurales ; **b.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse : calcifications pleurales droites (flèches noires), opacités curvilignes parallèles à la plèvre (flèche blanche) et nodule parenchymateux droit de contours irréguliers : plaque pleurale, asbestose et cancer bronchique primitif dans le cadre d'une exposition professionnelle à l'amiante.

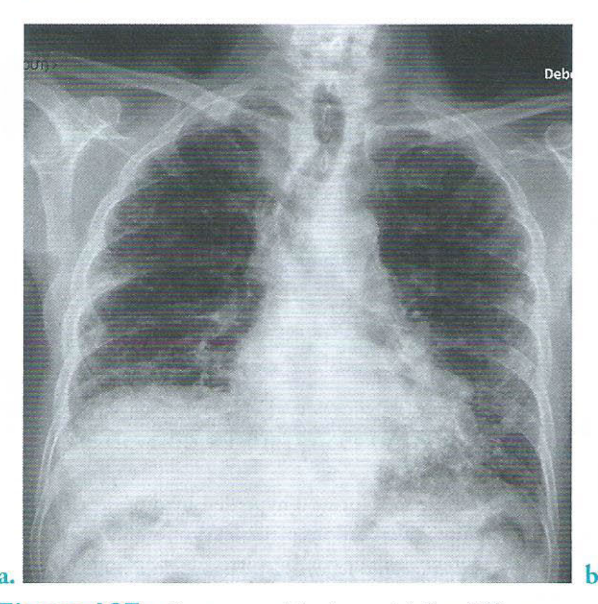
3 Autres pneumopathies interstitelles diffuses

Le tableau suivant résume les plus typiques.

Pneumopathie	Physiopathologie	Imagerie
Histiocytose langheransienne	‣ Granulomatose à cellules de Langherans ‣ Les cellules de Langherans infiltrent et détruisent les bronchioles distales ‣ Atteint les sujets jeunes fumeurs	‣ **TDM thoracique** : kystes pulmonaires à paroi épaisse ou fine, micronodules ± excavés ‣ Prédominance des lésions aux apex ‣ Complications : pneumothorax
Fibrose pulmonaire idiopathique	‣ Etiologie inconnue ‣ Atteint des sujets de 50 à 70 ans ‣ Diagnostic d'élimination devant être confirmé par l'histologie	‣ **Radiographie de thorax** : opacités réticulées, réduction du volume pulmonaire ‣ **TDM thoracique**: épaississements septaux, images en rayon de miel, bronchectasies de traction, distorsions scissurales ‣ Prédominance des lésions aux bases et en situation sous-pleurale.
Pneumopathie d'hypersensibilité	Inhalation d'antigènes organiques (actinomycetes, protéines de déjections d'oiseaux), responsable d'une alvéolite allergique	‣ **Radiographie de thorax et TDM thoracique** : micronodules centrolobulaires et/ou verre dépoli ‣ Formes subaiguës ou chroniques : signes de fibrose

Il existe d'autres pneumopathies interstitielles diffuses, présentant une atteinte interstitielle plus ou moins caractéristique, et différents degrés de fibrose, notamment :

- les **pneumopathies des connectivites** : polyarthrite rhumatoïde, lupus érythémateux systémique, sclérodermie, dermato-polymyosite ;
- les **pneumopathies médicamenteuses** : bléomycine, amiodarone, nitrofurantoine, methotrexate, sels d'or…


a.

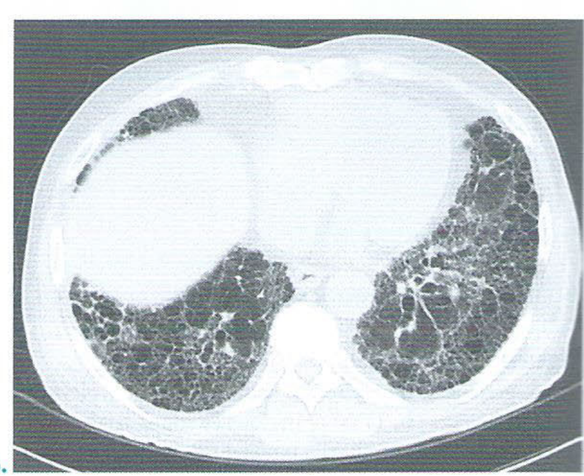
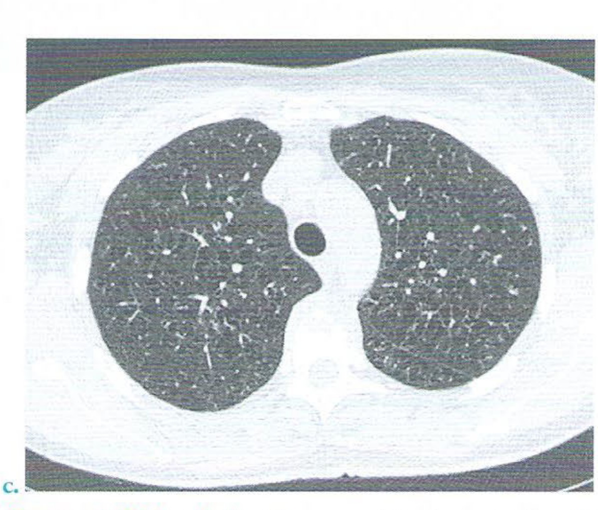
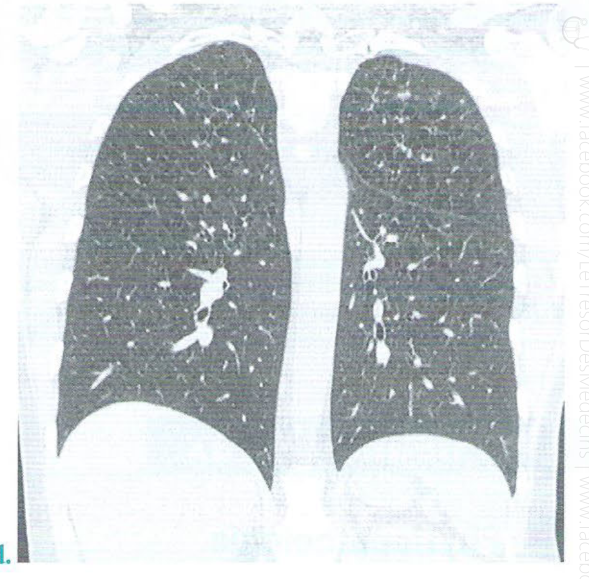

b.

Figure 187 - Pneumopathies interstitielles diffuses
a. radiographie de thorax de face : opacités réticulées prédominant aux bases, réduction du volume pulmonaire (à droite), déviation trachéale ; b. TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que a), images en rayon de miel des deux bases. Fibrose pulmonaire idiopathique ;



c.



d.

Figure 187 (suite) - Pneumopathies interstitielles diffuses
c. TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse : kystes pulmonaires diffus bilatéraux ; d. TDM thoracique en reconstruction coronale, fenêtre parenchymateuse (même patient que d). Prédominance des kystes aux apex. Histiocytose langheransienne.

Le tableau suivant résume les principales étiologies à évoquer en fonction des signes radiologiques prédominants (aspect TDM).

Sémiologie	Étiologies à évoquer
Kystes	Histiocytose langheransienne, lymphangioléiomyomatose, pneumopathie interstitielle lymphoide, pneumocystose
Micronodules de répartition aléatoire	Miliaire tuberculeuse, virale, métastatique
Micronodules de répartition périlymphatique (péribronchovasculaire, sous-pleurale)	Sarcoïdose, lymphangite carcinomateuse, silicose
Micronodules de répartition centrolobulaire	Pneumopathie d'hypersensibilité
Rayons de miel	Fibrose pulmonaire idiopathique, asbestose, connectivites
Verre dépoli	Pneumopathie d'hypersensibilité, protéinose alvéolaire, pneumopathie interstitielle non spécifique, pneumopathie médicamenteuse, pneumocystose

Chapitre 7
Pathologie pleurale

Item n° 202. Épanchement pleural
Item n° 356. Pneumthorax

1 Pneumothorax

1.1 Physiopathologie

Cohésion normale des deux feuillets pleuraux à la paroi thoracique par l'existence d'une pression négative (par rapport à la pression alvéolaire) entre les deux feuillets.
En cas de brèche dans la plèvre pariétale ou viscérale (rupture d'alvéole périphérique, de blebs, de bulle d'emphysème) :
- **issue d'air entre les deux feuillets pleuraux** ;
- **décollement de la plèvre viscérale** et comblement aérique de la plèvre jusqu'à équilibration des pressions pleurale et alvéolaire ;
- **rétraction du parenchyme pulmonaire** vers le hile ;
- si pneumothorax abondant : risque de **déviation médiastinale** avec compression du parenchyme pulmonaire controlatéral et obstacle au retour veineux pulmonaire.

1.2 Imagerie

Elle pose le diagnostic suspecté devant les éléments cliniques, recherche des **signes de gravité** et des **signes étiologiques**.

1.2.1 Modalités

Radiographie de thorax de face

C'est **l'examen de première intention** devant une suspicion de pneumothorax. Elle fait le diagnostic positif et recherche des signes de gravités. Elle est réalisé debout, en inspiration, et si besoin en expiration (uniquement s'il n'y a pas de pneumothorax visible en inspiration).

TDM thoracique

Elle n'est pas indiquée en urgence. Elle est réalisée secondairement en cas de pneumothorax récidivant ou persistant malgré le drainage, à la recherche d'une bride, et pour le bilan étiologique.

1.2.2 Signes positifs

Radiographie de thorax

Hyperclarté située entre la paroi et le parenchyme pulmonaire, **sans vascularisation visible** en son sein, associée à un **décollement de la plèvre viscérale qui** devient visible sous forme d'une **fine opacité linéaire** ; en cas de pneumothorax de faible abondance, ces signes sont à rechercher **aux apex**.

TDM thoracique

Clarté aérique pure entre la paroi et le parenchyme pulmonaire décollé.

Le décollement peut être **partiel** ou **complet**, avec au maximum une rétraction complète du poumon au hile. Son abondance doit être précisée : un pneumothorax est considéré comme important si le décollement du parenchyme pulmonaire à l'apex est supérieur à 3 cm ou supérieur à 2 cm par rapport à la ligne axillaire.

1.2.3 Complications et signes de gravité

Pneumothorax bilatéral

Pneumothorax compressif

Collapsus complet du poumon homolatéral, **déviation médiastinale** controlatérale et **aplatissement de la coupole** diaphragmatique homolatérale.

Bride pleurale

Adhérence entre la plèvre pariétale et la plèvre viscérale, apparaissant sous forme d'une **opacité linéaire reliant les deux plèvres** (surtout visible en TDM).

Hémopneumothorax

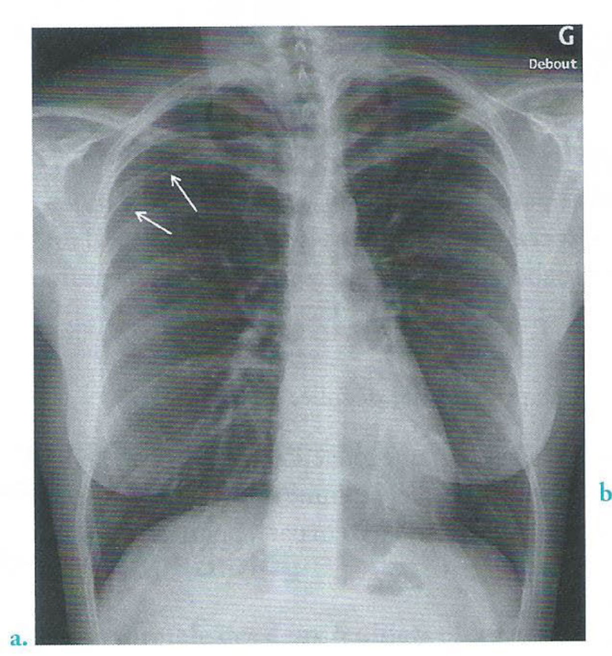
Association du pneumothorax à un **épanchement pleural liquidien** (souvent lié à la rupture d'une bride).

1.2.4 Signes étiologiques

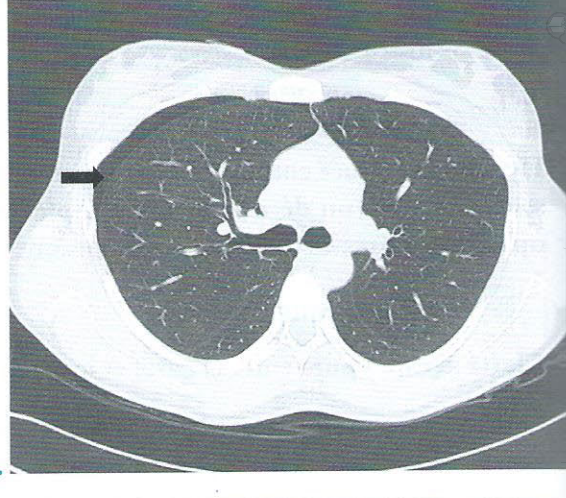
Ils ne sont pas toujours présents : le plus souvent, le pneumothorax est idiopathique (primitif) par rupture de bulles apicales appelées « blebs ».
Plusieurs éléments peuvent être en faveur de pneumothorax secondaire :
- **syndrome bronchique** et **distension thoracique** : BPCO, asthme ;
- **syndrome interstitiel** : pneumopathie interstitielle diffuse (en particulier histiocytose), pneumopathie infectieuse (pneumocystose) ;
- **nécrose parenchymateuse** : pneumopathie nécrosante ou néoplasie ;
- **chambre implantable** (de pose récente), **ventilation mécanique** : iatrogénisme ;
- **fracture costale** : traumatisme.

1.2.5 Signes associés

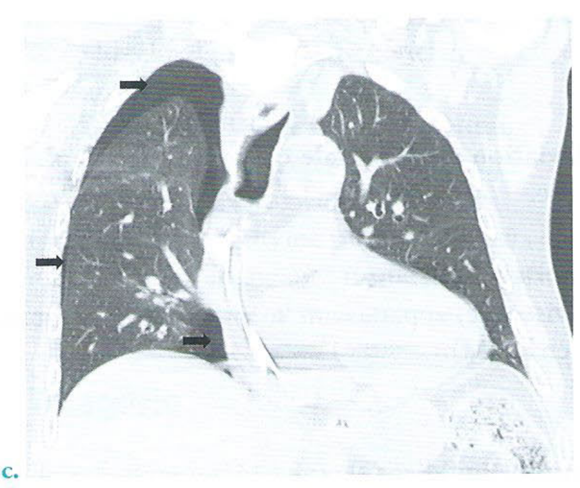
Rechercher :
- un **pneumomédiastin** : hyperclarté linéaire décollant la plèvre médiastinale ;
- un **emphysème sous-cutané** : images de densité aérique au sein des parties molles sous-cutanées.



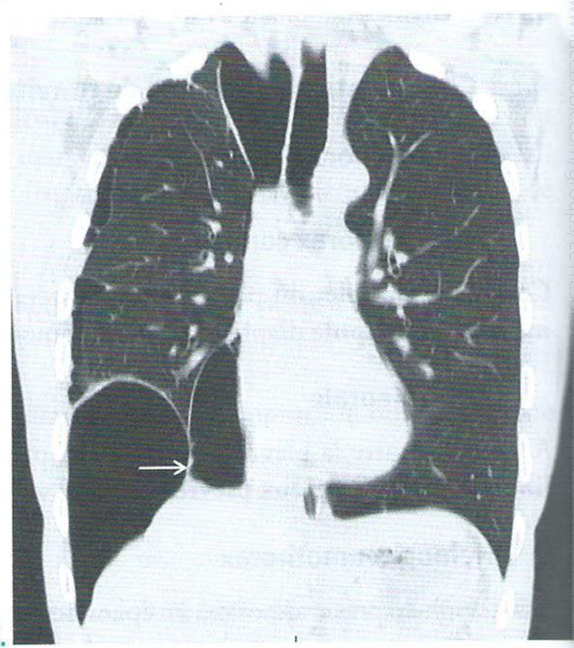
a.



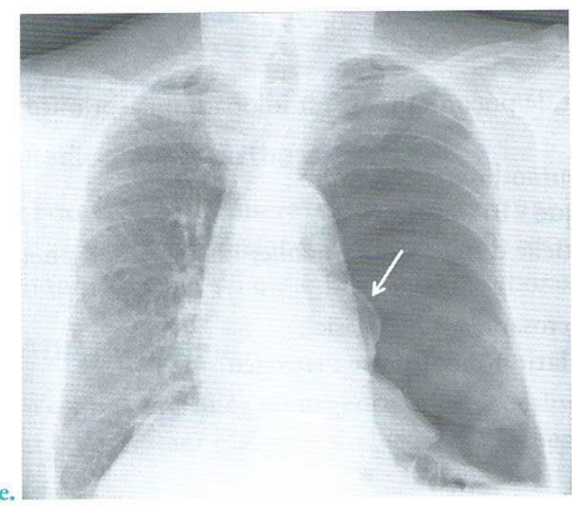
b.



c.



d.



e.

Figure 188 - Pneumothorax

a. radiographie de thorax de face. Pneumothorax apical droit révélé par la visibilité anormale de la plèvre viscerale (flèches) ; **b.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que b). Hyperclarté aérique antérieure droite entre le parenchyme pulmonaire et la paroi ; **c.** TDM thoracique en reconstruction coronale, fenêtre parenchymateuse. Pneumothorax complet droit (flèches) après la pose d'un pacemaker (sonde de pacemaker visible sous forme d'une hyperdensité linéaire dans les cavités cardiaques) ; **d.** TDM thoracique en reconstruction coronale, fenêtre parenchymateuse. Pneumothorax complet droit avec bride pleurale (flèche); **e.** radiographie de thorax de face. Pneumothorax complet gauche (parenchyme rétracté autour du hile, flèche), compressif : déviation de la silhouette cardiaque à droite, aplatissement de la coupole diaphragmatique gauche.

2 Épanchement pleural liquidien

2.1 Physiopathologie

- **La présence d'un liquide pleural** entre les deux feuillets de la plèvre, favorisant leur glissement, est **physiologique**. Ce liquide est sécrété par la plèvre viscérale, et est résorbé en permanence par des vaisseaux lymphatiques ;
- En cas de déséquilibre entre la sécrétion et la résorption (mécanismes variables) : **constitution d'un épanchement pleural pathologique**.
- La cause peut être **mécanique** : accumulation d'un liquide pauvre en protéines (transsudat), ou **inflammatoire** : accumulation d'un liquide riche en protéines (exsudat).

Mécanismes physiopathologique de l'épanchement pleural liquidien

Physiopathologie	Exemple	Type d'épanchement
Baisse de la pression oncotique	Hypoalbuminémie	Transsudat
Augmentation de la pression hydrostatique	Insuffisance cardiaque	Transsudat
Diminution de la pression pleurale	Atélectasie	Transsudat/exsudat
Mouvement de liquide péritonéal	Ascite	Transsudat
Hémothorax	Traumatisme	Exsudat
Augmentation de la perméabilité endothéliale	Pneumopathie infectieuse	Exsudat
Diminution de la résorption lymphatique	Néoplasie	Exsudat
Rupture du canal thoracique	Chylothorax	Exsudat

2.2 Imagerie

Elle **pose le diagnostic** suspecté cliniquement, **évalue l'abondance** et les possibilités thérapeutiques, apporte des **éléments étiologiques** en complément de l'analyse du liquide pleural, recherche des **complications**.

2.2.1 Modalités

Radiographie de thorax de face

C'est **l'examen de première intention**. Elle fait le diagnostic positif, évalue l'abondance, recherche des complications et des éléments étiologiques. Il faut insister pour que le cliché soit réalisé debout.

Échographie pleurale

L'examen peut être réalisé au lit du patient pour un repérage avant ponction.

TDM thoracique

Elle est réalisée en seconde intention. Elle permet d'évaluer l'abondance avec plus de précision, de rechercher des complications, de faire une recherche étiologique en cas d'épanchement persistant ou récidivant, ou sur un point d'appel de la radiographie.

2.2.2 Signes positifs

Épanchement libre de la grande cavité pleurale

Radiographie de thorax

- Faible abondance : **comblement du récessus pleural** inférieur, visible plus précocement sur la radiographie de profil que sur la radiographie de face (la portion postérieure du récessus pleural inférieur est la plus déclive). L'épanchement devient visible de face à partir d'un volume liquidien supérieur à environ 200 ml.
- Moyenne abondance : **opacité dense et homogène de la base**, effaçant la coupole diaphragmatique homolatérale, se prolongeant souvent par une **ligne bordante axillaire**, à limite supérieure concave vers le haut et en dedans (ligne de Damoiseau).
- Grande abondance : **opacité complète d'un champ pulmonaire**.

TDM thoracique

Opacité déclive, moulée sur la paroi thoracique postérieure, avec **atélectasie parenchymateuse** au contact. **La densité de l'épanchement varie** en fonction de sa nature (le plus souvent l'épanchement apparaît de densité liquidienne). L'injection de produit de contraste peut révéler un **épaississement de la plèvre**, plus ou moins associé à des irrégularités pleurales.

Autres formes

Épanchement enkysté de la grande cavité

Opacité lenticulaire périphérique homogène, se raccordant en pente douce à la paroi thoracique.

Épanchement scissural

Épaississement scissural (faible abondance), **opacité dense et homogène**, bien limitée, **orientée selon un trajet scissural**.

Épanchement médiastinal

Opacité paramédiastinale, en regard des **lobes inférieurs**.

Épanchement diaphragmatique

Surélévation de la coupole diaphragmatique, sans émoussement du récessus pleural inférieur homolatéral.

Pour aller plus loin

Épanchement libre de la grande cavité sur un cliché réalisé couché

Il apparaît moins évident. Il faut chercher :
- une asymétrie de transparence des deux hémithorax : augmentation de densité du côté concerné par l'épanchement, sans effacement de la trame vasculaire ;
- un effacement de la coupole et du récessus pleural inférieur homolatéral ;
- un épaississement de la coiffe apicale.

2.2.3 Signes de gravité

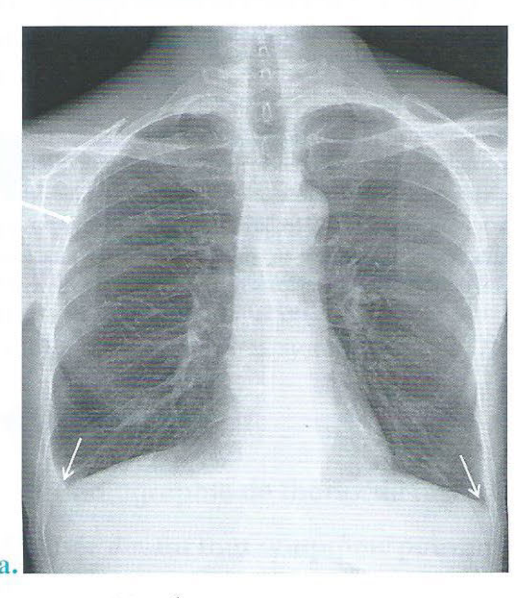
Pour les épanchements de grande abondance :

- **refoulement du médiastin** du côté controlatéral ;
- **atélectasie passive complète** du poumon homolatéral.

2.2.4 Signes étiologiques

Les signes évocateurs d'une étiologie particulière à l'imagerie sont résumés dans le tableau suivant.

Étiologie	Signes évocateurs
Hémothorax	Contexte traumatique : épanchement pleural associé à un pneumothorax et/ou à des fractures costales
Insuffisance cardiaque gauche	Épanchement pleural de faible à moyenne abondance, souvent bilatéral, prédominant à droite, associé à une cardiomégalie et des signes d'œdème pulmonaire cardiogénique (*voir page 176* « OAP d'origine cardiogénique »)
Cancer broncho-pulmonaire	Association à une opacité parenchymateuse, et/ou à des lyses osseuses
Pleurésie métastatique	▸ Épanchement de grande abondance et récidivant sur des examens successifs ▸ Nodulations pleurales
Mésothéliome pleural	▸ Plèvre épaissie mamelonnée, irrégulière, festonnée ▸ Atteinte de la plèvre médiastinale ▸ Épanchement abondant et récidivant ▸ Association à des signes d'exposition à l'amiante : plaques pleurales
Pleurésie bactérienne réactionnelle	Épanchement de faible abondance, associé à un foyer de condensation alvéolaire
Pleurésie bactérienne purulente	Présence de brides pleurales, épanchement enkysté

a.


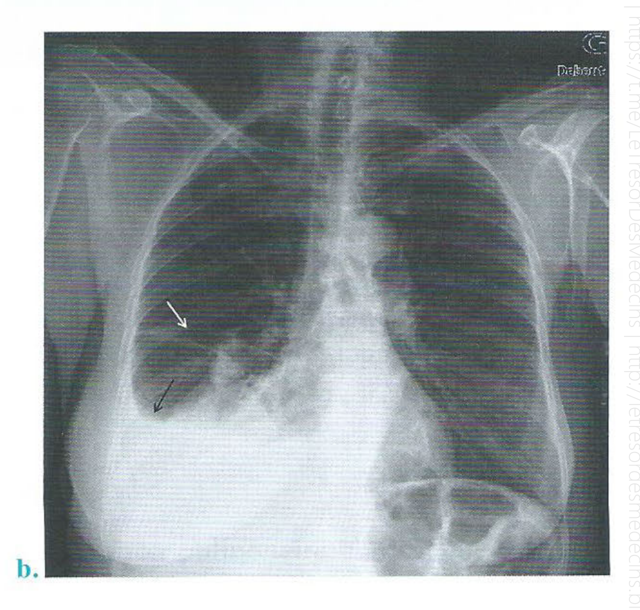
b.


Figure 189 - Épanchements pleuraux liquidiens

a. radiographie de thorax de face : épanchement pleural bilatéral de faible abondance (flèches). Par ailleurs, vis scapulaire droite ;
b. radiographie de thorax de face : épanchement pleural droit de la grande cavité de moyenne abondance, révélé par une opacité basale droite homogène, dense, effaçant la coupole homolatérale et limitée par une ligne bordante axillaire (flèche noire). Épaississement de la petite scissure (flèche blanche) traduisant un épanchement scissural associé.

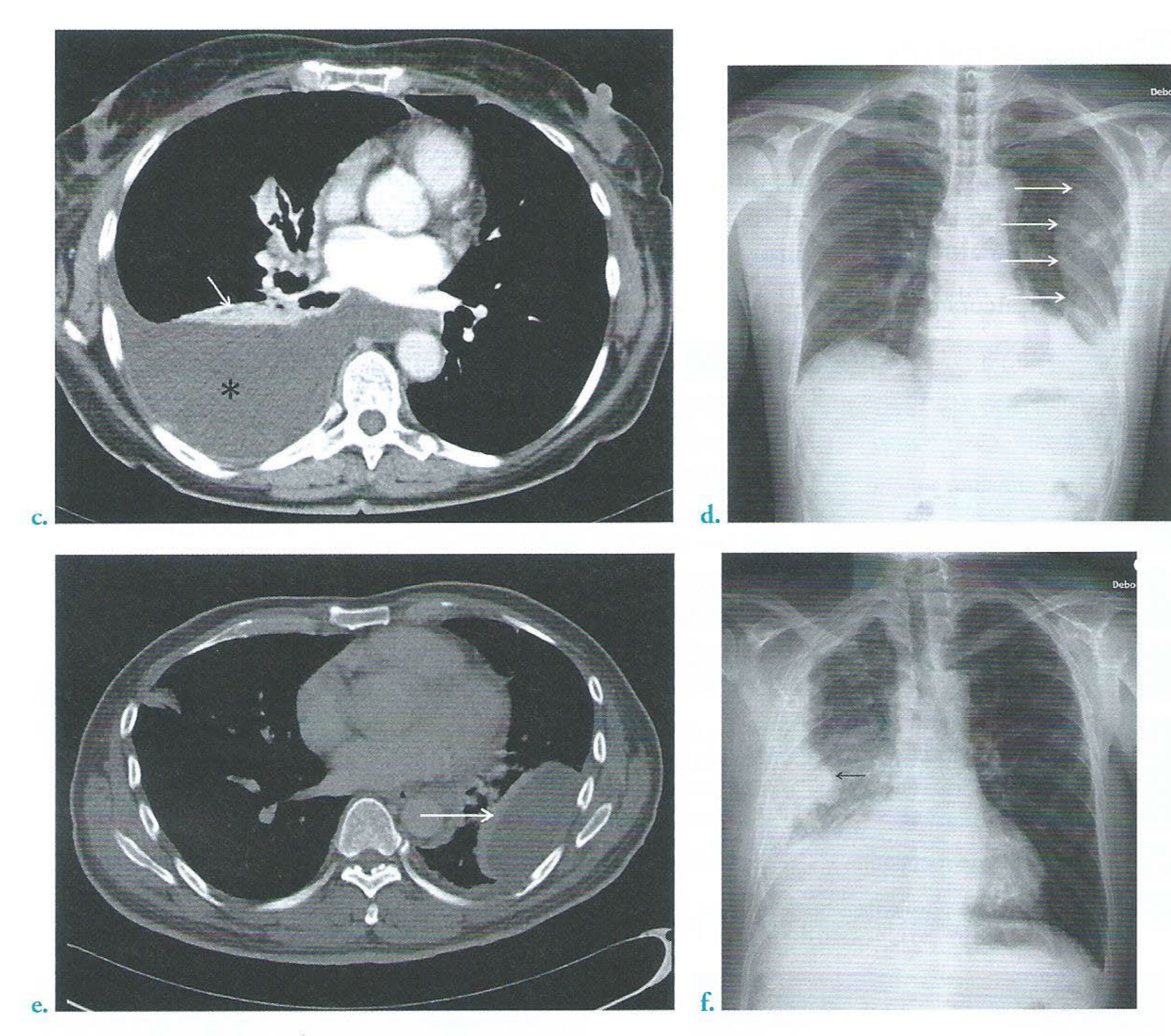


Figure 189 (suite) - Épanchements pleuraux liquidiens

c. TDM thoracique après injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre médiastinale (même patiente que a) : épanchement pleural droit sous forme d'une densité liquidienne homogène déclive (astérisque), avec bande d'atélectasie parenchymateuse au contact (flèche) ; **d.** radiographie de thorax de face : épanchement pleural enkysté de la grande cavité gauche sous forme d'une opacité périphérique dense, homogène, se raccordant en pente douce à la paroi thoracique ; **e.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre médiastinale (même patient que **d.**) : épanchement enkysté gauche apparaissant sous forme d'opacité liquidienne bien limitée au contact de la paroi thoracique (flèche), non déclive ; **f.** radiographie de thorax de face : mésothéliome pleural droit révélé par un épanchement pleural de moyenne abondance et une plèvre irrégulière mamelonnée (flèche).

Chapitre 8
Pathologie tumorale

Item n° 306. Tumeurs du poumon primitives et secondaires

1 Cancer broncho-pulmonaire primitif

1.1 Anatomopathologie et physiopathologie

Il s'agit du **deuxième cancer solide chez l'homme** et du **troisième chez la femme** en France en terme d'incidence (deux à trois fois plus fréquent chez l'homme). Il survient le plus souvent entre 60 et 70 ans. Il existe **quatre types histologiques principaux** classés en deux catégories en fonction de la stratégie thérapeutique :

- le cancer bronchique **non à petites cellules** (environ 85 %) : adénocarcinome, carcinome épidermoïde, carcinome à grandes cellules ;
- le cancer bronchique **à petites cellules** (environ 15 %).

L'extension de la tumeur **se fait localement dans le parenchyme** (deuxième nodule pulmonaire), **vers les bronches principales**, **la carène**, **la plèvre**, **les structures médiastinales** et la paroi thoracique. **Les ganglions régionaux** atteints sont **hilaires**, **médiastinaux** puis **sus-claviculaires**. Les **métastases** solides les plus fréquentes intéressent le **poumon controlatéral**, l'**os**, les **surrénales**, le **foie**, et le **cerveau**.

1.2 Imagerie

Son rôle est **central** : à la découverte d'un nodule parenchymateux, **elle oriente** la conduite des **explorations à but histologique** (fibroscopie, biospsie transpariétale, thoracoscopie...), fait le **bilan d'extension** et réalise la **surveillance**. Elle fait parfois la découverte de nodule pulmonaire **fortuitement** (radiographie de thorax systématique, TDM réalisée pour un symptôme sans rapport avec le cancer).

1.2.1 Modalités

Radiographie de thorax de face et de profil

Réalisée devant tout symptôme pouvant évoquer un cancer pulmonaire, elle manque cependant de sensibilité pour la détection tumorale.

TDM thoracique

Systématique, elle oriente vers le diagnostic de tumeur broncho-pulmonaire primitive devant une lésion évocatrice, fait le bilan d'extension local et sert à la surveillance. Elle est réalisée avec injection de produit de contraste.

TDM abdominale

Elle est d'indication systématique dans le bilan d'extension initial, et est également utilisé dans la surveillance (réalisée avec injection de produit de contraste).

TDM cérébrale

Réalisée avec l'injection de produit de contraste, elle est **d'indication systématique** dans le bilan initial pour les cancers bronchiques non à petites cellules. Elle peut être remplacée par l'IRM cérébrale.

IRM cérébrale

D'une **meilleure sensibilité que la TDM** pour le diagnostic de lésions secondaires, elle est donc souvent pratiquée (avec injection de produit de contraste) à la place de la TDM pour vérifier l'absence de métastases cérébrales chez les patients asymptomatiques atteints de cancer bronchique non à petites cellules.

Scintigraphie osseuse

Sur point d'appel clinique, inutile si une TEP-TDM est réalisée.

TEP-TDM au 18-FDG

Elle est indiquée chez les patients opérables afin de vérifier l'absence de lésions métastatiques.

1.2.2 Signes positifs

Nodule (moins de 30 mm) **ou masse** (plus de 30 mm) parenchymateuse pulmonaire **hétérogène**, de contours souvent **spiculés**, parfois **excavée**, pouvant contenir des **microcalcifications** ou un **bronchogramme aérique**.
La lésion est parfois cernée par du parenchyme atélectasié, ce qui rend difficile une prise de mesure exacte de la tumeur.

Pour aller plus loin

Nodule pulmonaire indéterminé

Lorsqu'un nodule mesure moins de 10 mm, il est plus difficile de déterminer des caractéristiques morphologiques en faveur de la malignité et le prélèvement histologique est délicat. On propose alors une surveillance par TDM thoracique, dont le rythme dépend de la taille du nodule et des facteurs de risque présentés par le patient (tabagisme, antécédent de cancer…). Si le nodule mesure plus de 8 mm, une TEP-TDM pourra être réalisée dans le but de distinguer un nodule fixant le traceur (en faveur d'une pathologie tumorale) d'un nodule non fixant.

1.2.3 Extension

Extension locale et régionale

Elle doit être décrite précisément pour pouvoir classer la tumeur :
- par rapport à la **carène** ;
- par rapport aux **artères pulmonaires**, à la **veine cave supérieure**, aux **cavités cardiaques** ;
- par rapport à la **plèvre**, au **diaphragme**, à la **paroi thoracique**.

IMPORTANT

Syndrome de Pancoast Tobias (ou syndrome apico-dorso-vertébral)

Il s'agit d'une tumeur de l'apex dont le développement est essentiellement extrathoracique, responsable d'un envahissement du plexus brachial, du ganglion stellaire (avec syndrome de Claude Bernard Horner) et d'une lyse osseuse vertébrale et des premières côtes. L'IRM thoracique précise au mieux son extension.
D'autres pathologies que le cancer broncho-pulmonaire peuvent être à l'origine d'un syndrome de Pancoast Tobias (cancer de la thyroïde, lymphome, tuberculose...).

Extension ganglionnaire

Adénopathies **hilaires**, **médiastinales**, **sus-claviculaires**.

Extension à distance

Nodule pulmonaire controlatéral, **nodule** ou **masse surrénalienne**, **lésions osseuses** lytiques, **lésion cérébrale** prenant le contraste...

Classification TNM (2009)

T	T1 : tumeur < ou égale à 3 cm, sans d'invasion plus proximale que la bronche lobaire (pas d'atteinte de la bronche principale) en endoscopie	T1a < ou égale à 2 cm T1b > à 2 cm et < ou égale à 3 cm
	T2 : tumeur > à 3 cm et < à 7 cm, ou présentant une des caractéristiques suivantes : ▸ atteinte de la bronche principale à 2 cm ou plus de la carène ▸ invasion de la plèvre viscérale ▸ présence d'une atélectasie ou d'une pneumopathie obstructive s'étendant à la région hilaire, sans atteindre l'ensemble du poumon	T2a > à 3 cm et < ou égale à 5 cm T2b > à 5 cm et < ou égale à 7 cm
	T3 : tumeur de plus de 7 cm, ou présentant une des caractéristiques suivantes : ▸ envahissement de la paroi thoracique, du diaphragme, du nerf phrénique, de la plèvre médiastinale, pleurale ou pariétale ou du péricarde ▸ situation dans la bronche principale à moins de 2 cm de la carène sans l'envahir ▸ association à une atélectasie ou d'une pneumopathie obstructive du poumon entier ▸ association à un nodule tumoral distinct dans le même lobe	
	T4 : tumeur de toute taille présentant une des caractéristiques suivantes : ▸ envahissement du médiastin, du cœur, des grands vaisseaux, de la trachée, du nerf laryngé récurrent, de l'œsophage, d'un corps vertébral, ou de la carène ▸ ou présence d'un nodule tumoral distinct dans un autre lobe du poumon atteint	
N	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : envahissement de ganglions intrapulmonaires, péribronchiques et/ou hilaires homolatéraux	
	N2 : envahissement de ganglions médiastinaux homolatéraux et/ou sous-carénaires	
	N3 : envahissement de ganglions médiastinaux ou hilaires controlatéraux, scalènes ou sous-claviculaires homolatéraux ou controlatéraux	
M	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : métastase à distance	M1a : nodule(s) dans le poumon controlatéral, nodule(s) pleural(aux) ou épanchement pleural (ou péricardique) M1b : autres sites

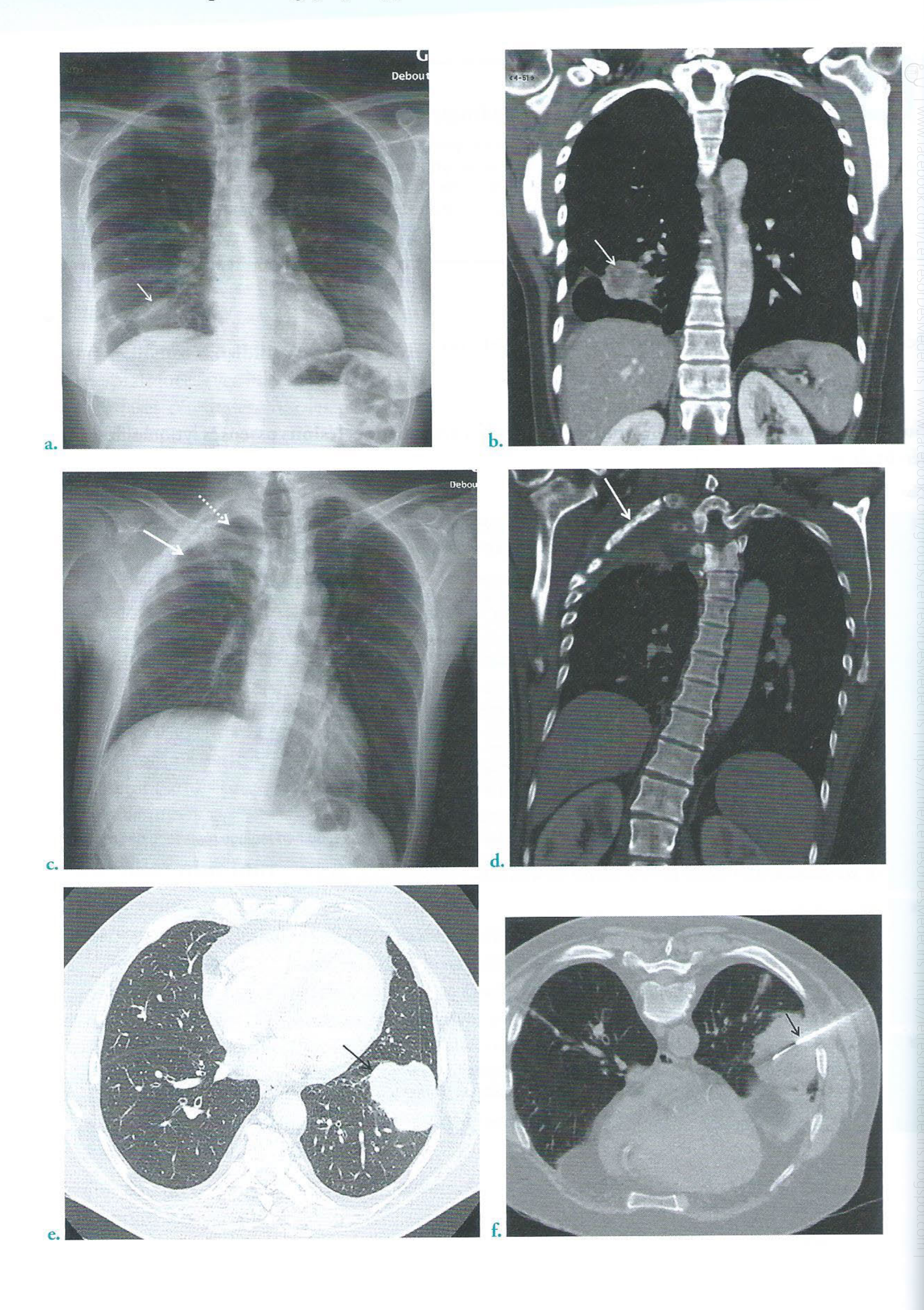

Debout
Debout
a.
b.
c.
d.
e.
f.

Figure 190 - Cancers broncho-pulmonaires
a. radiographie de thorax de face. Opacité de contours mal limités de la base pulmonaire droite (flèche) ; **b.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, en reconstruction coronale, fenêtre médiastinale (même patient que a). Nodule hétérogène basal droit, de contours spiculés (flèche) avec extension vers la plèvre ; **c.** radiographie de thorax de face. Opacité mal limitée de l'apex droit (flèche pointillée, comparer au côté gauche) associée à des lyses des premières côtes en regard (flèche pleine) et à une ascension de la coupe diaphragmatique droite ; **d.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, en reconstruction coronale, fenêtre osseuse (même patient que c). Masse hétérogène de l'apex droit, associé à une lyse des quatre premières côtes (flèches). Syndrome de Pancoast Tobias droit secondaire à une tumeur bronchique apicale droite ; **e.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. Masse pulmonaire polylobée bien limitée du lobe inférieur gauche ; **f.** TDM thoracique en coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient que **e.**). Patient placé en décubitus ventral pour la réalisation d'une biopsie percutanée sous contrôle TDM (flèche montrant l'aiguille en place dans la masse) ; **g.** TEP-TDM au 18-FDG, coupes axiales 1 : image TDM, 2 : image scintigraphique, 3 : image fusionnée. Nodule lobaire supérieur droit de contours spiculés (flèche blanche, image 1), fixant le traceur (en noir sur l'image 2). Adénopathie latérotrachéale droite (flèche noire, image 1), fixant également le traceur.

2 Lésions secondaires pulmonaires

2.1 Physiopathologie

Elles sont liées à la présence de **cellules appartenant à une tumeur primitive**, dotées d'une capacité de **métastases** :

- **migration dans la circulation veineuse** jusqu'au cœur droit ;
- **passage dans la circulation pulmonaire** ;
- **arrêt** dans le filtre capillaire pulmonaire **puis prolifération.**

Ce mécanisme de métastase par voie sanguine est le plus fréquent.

Il existe des mécanismes plus rares : par **contiguité** (cancers de l'œsophage, du sein) ou par **voie lymphatique** (cancers broncho-pulmonaires ou digestifs).

Les tumeurs primitives métastasant le plus fréquemment au poumon sont les suivantes : **cancers du sein**, **du tube digestif** et **du pancréas**, **du poumon**, **du rein**, **de la sphère génitale**, **sarcome**, **cancers de la sphère ORL**, **de la thyroïde** et **de la prostate**.

Le primitif n'est parfois pas retrouvé.

Les métastases pulmonaires sont les lésions secondaires les plus fréquentes après les métastases hépatiques.

2.2 Imagerie

Son rôle est central pour la **détection des métastases pulmonaires dans le bilan d'extension** des cancers. Elle réalise le **suivi**. Elle découvre également des lésions d'allure métastatique de façon **fortuite**.

2.2.1 Modalités

Radiographie de thorax

Historiquement, c'est **l'examen de première intention** pour la détection des métastases pulmonaires. Cependant sa sensibilité pour la détection des petites lésions (< 1 cm) est une limite importante à son utilisation.

TDM thoracique

Elle **remplace progressivement la radiographie de thorax** en raison de ses capacités de détection bien supérieures. Elle pose cependant le problème d'une majoration de l'irradiation (chez des patients subissant des TDM répétés dans le cadre d'une surveillance de cancer) et celui des faux positifs (détection de nodules bénins).

2.2.2 Signes positifs

Nodules multiples

En général à **bords nets**, de **taille variable**, de topographie volontiers **sous-pleurale** (image typique de « lâcher de ballons » à la radiographie de thorax).

Autres formes

Nodule unique

Pose le problème de diagnostic différentiel avec une tumeur primitive ou une lésion non tumorale.

Lymphangite carcinomateuse

Syndrome interstitiel bilatéral (épaississements septaux irréguliers, flou péribroncho-vasculaire), **épanchement pleural**.

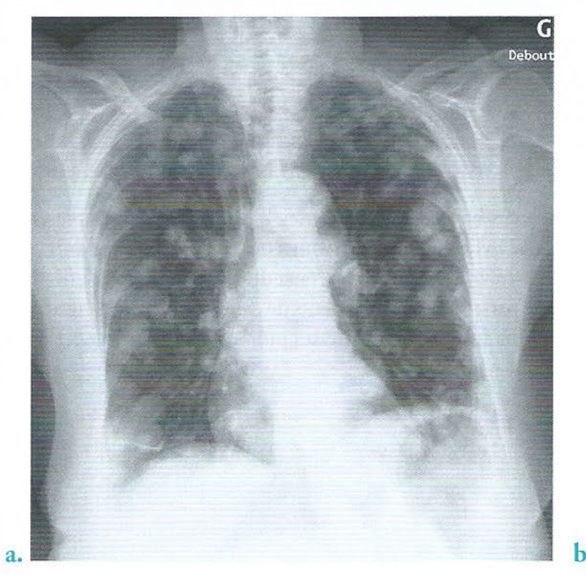
2.2.3 Signes étiologiques

Lorsque sont découvertes fortuitement des lésions d'allure métastatique, certains éléments morphologiques peuvent **orienter la recherche** de la néoplasie primitive (sans possibilité bien sûr d'affirmer le diagnostic).

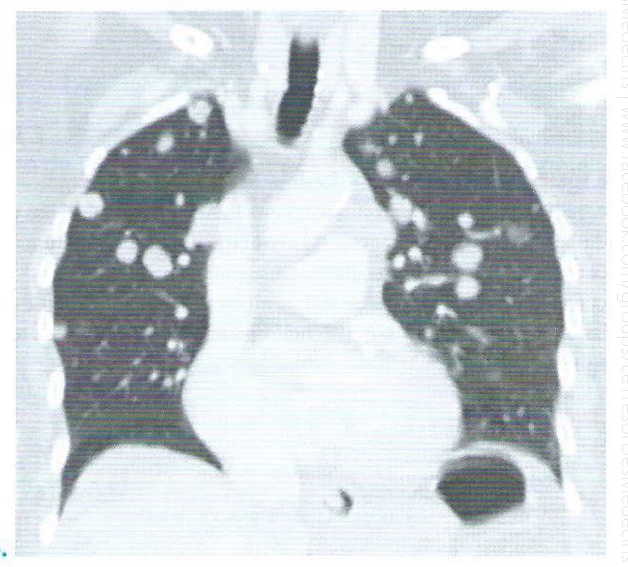
Sous traitement, l'aspect morphologique des métastases peut se modifier : excavation, calcification…

Orientations étiologiques en fonction des caractéristiques morphologiques des métastases pulmonaires

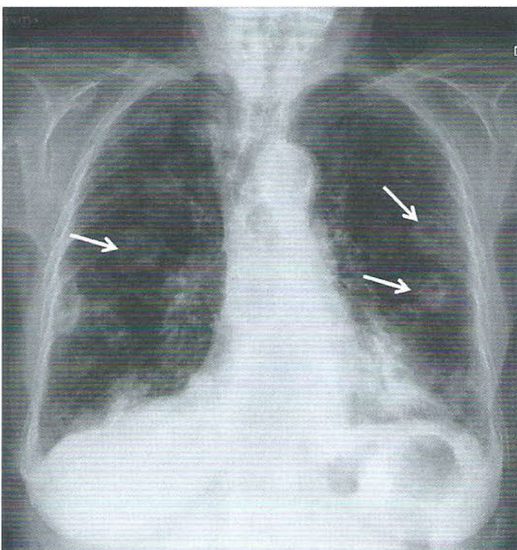
Caractéristiques morphologiques	Cancer primitif souvent impliqué
Nodules excavés	‣ Cancer de la sphère ORL
Nodules calcifiés	‣ Ostéosarcome ‣ Cancer colique et thyroïdien
Localisation endobronchique	‣ Cancer du sein ‣ Cancer du rein ‣ Cancer du tube digestif
Lymphangite carcinomateuse	‣ Cancer broncho pulmonaire ‣ Cancer du sein



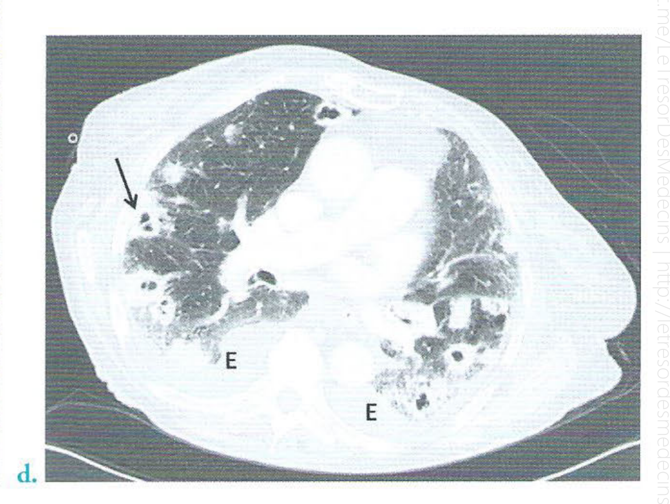
a.



b.



c.



d.

Figure 191 - Lésions secondaires pulmonaires
a. radiographie de thorax de face. Multiples nodules pulmonaires bien limités, des deux champs pulmonaires, réalisant l'aspect de « lâcher de ballons » ; b. TDM thoracique avec injection de produit de contraste, reconstruction coronale, fenêtre parenchymateuse (même patient qu'en a). On retrouve les mêmes nodules pulmonaires bilatéraux. Il s'agissait de métastases d'un cancer de l'endomètre ; c. radiographie de thorax de face. Nodules pulmonaires bilatéraux, certains présentant une excavation bien visible (fèches) ; d. TDM thoracique avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient qu'en c.)

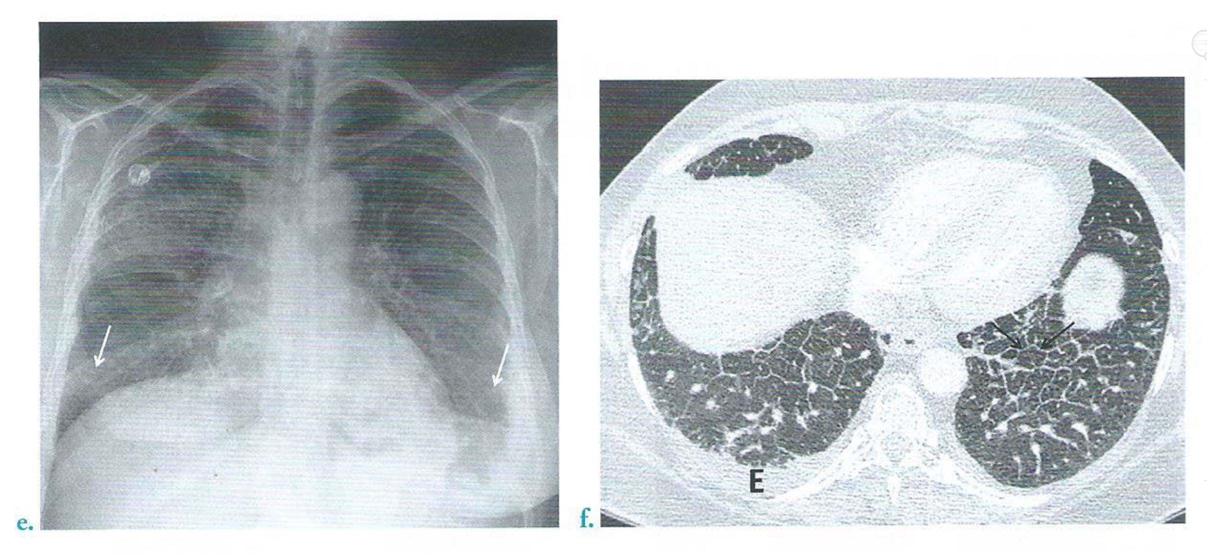


Figure 191 (suite) - Lésions secondaires pulmonaires
e. radiographie de thorax de face. Fines lignes horizontales sous pleurales des bases (lignes de Kerley B, flèches). Noter la présence d'un cathéter veineux central et l'asymétrie des ombres mammaires ; **f.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse (même patient qu'en **e.**). Épaississements septaux bilatéraux des bases (exemples : flèches) et épanchement pleural droit (E). Lymphangite carcinomateuse chez une patiente aux antécédents de cancer du sein. On retrouve les mêmes nodules excavés (flèche). Épanchement pleural bilatéral (E). Il s'agissait de métastases pulmonaires d'un cancer de la sphère ORL.

Sous-partie 3

Appareil digestif

Dans cette partie, sauf mention contraire, les images de TDM sont présentées en fenêtre abdominale.

Chapitre 9
Urgences chirurgicales

Item n° 267. Douleurs abdominales et lombaires aiguës chez l'enfant et chez l'adulte
Item n° 274. Lithiase biliaire et complications
Item n° 284. Diverticulose colique et diverticulite aiguë du sigmoïde
Item n° 349. Syndrome occlusif de l'enfant et de l'adulte
Item n° 351. Appendicite de l'enfant et de l'adulte

1 Appendicite

1.1 Physiopathologie

Il s'agit d'une **obstruction de la lumière appendiculaire** (hyperplasie lymphoïde, stercolithe, corps étranger...) avec :
- **une augmentation de la pression intraluminale** ;
- **la favorisation de la pénétration microbienne** dans la muqueuse.

Les conséquences sont les suivantes : **œdème** et hyperhémie, puis **suppuration** dans la lumière appendiculaire (appendicite phlégmoneuse), **obstacle** au retour veineux puis artériel (appendicite gangréneuse), **perforation** de muqueuse fragilisée (appendicite perforée).

1.2 Imagerie

Elle est désormais requise dans cette indication. Elle fait le **diagnostic positif** et recherche des **complications et de diagnostics différentiels.**

1.2.1 Modalités

Échographie abdomino-pelvienne

Elle est réalisée **chez l'enfant** et à privilégier chez le **sujet jeune** (d'autant plus qu'il est mince) et la **femme enceinte**. Sa sensibilité est cependant inférieure à celle de la TDM.

TDM abdomino-pelvienne

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste, en **cas d'échographie non contributive, non réalisable** ou en première intention dans certains centres (hors enfant et femme enceinte).

1.2.2 Signes positifs

- **Augmentation de volume de l'appendice** (structure tubulaire borgne de diamètre supérieur à 6 mm), **à parois épaissies** (TDM et échographie) **incompressible et douloureux** (en échographie).
- **Densification de la graisse** périappendiculaire et **prise de contraste** muqueuse (TDM).

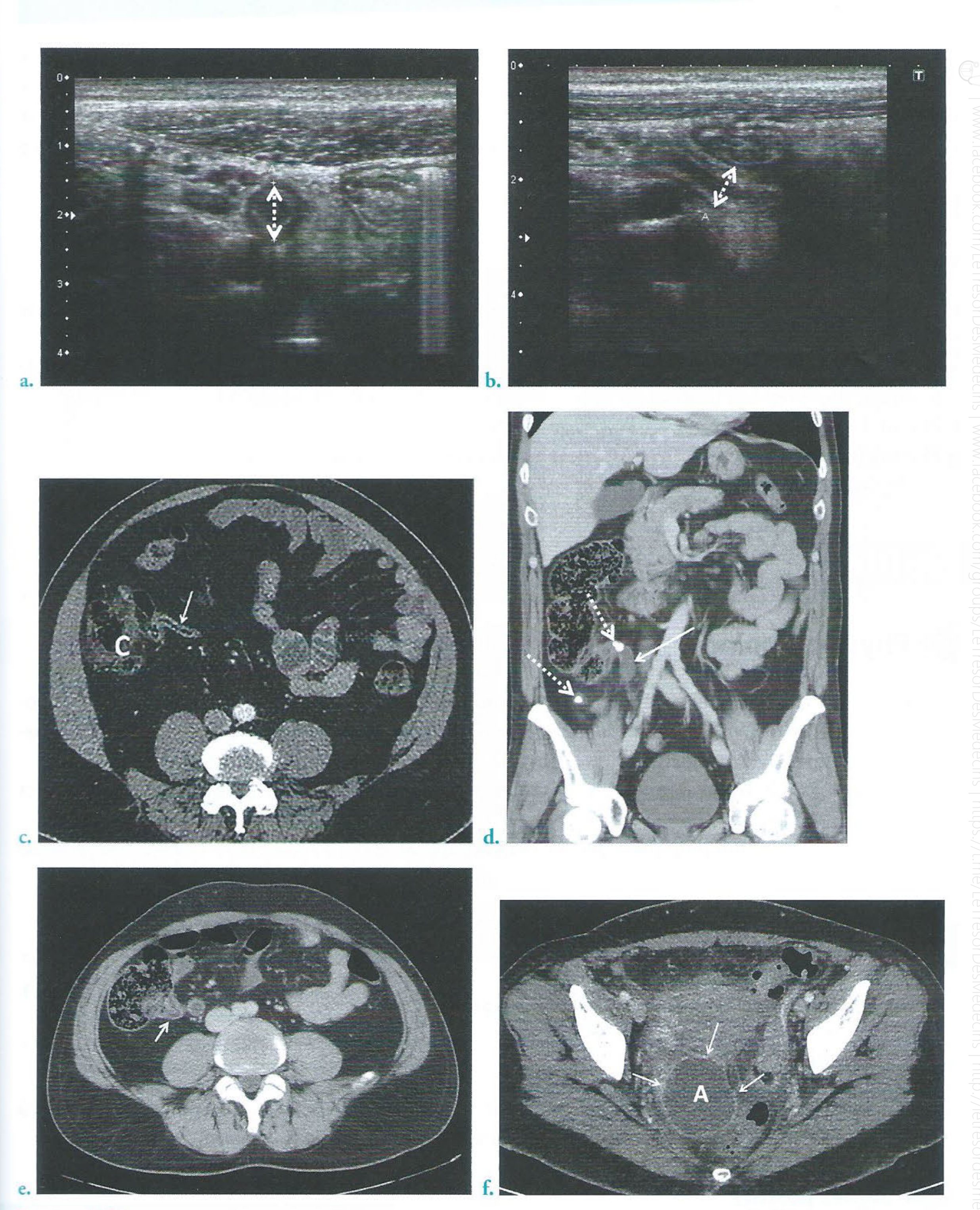


Figure 192 - Appendicite

a. et b. échographie de la fosse iliaque droite ; a. appendice vu en coupe transversale, augmenté de diamètre (double flèche) ; b. appendice vu en coupe longitudinale (même patient que a), sous forme d'une structure tubulaire borgne, augmentée de diamètre (double flèche) ; c., d., e., f. TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste ; c. coupe axiale. Appendice normal (flèche) : fin, aéré, en position latéro-cæcale (C : cæcum) ; d. reconstruction coronale : appendice augmenté de diamètre avec prise de contraste périphérique (flèche pleine), avec densification de la graisse adjacente, présence de deux stercolites (flèches pointillées), un à la base et l'autre à la pointe de l'appendice ; e. coupe axiale (même patient que d), appendice augmenté de diamètre (flèche), avec prise de contraste périphérique; f. coupe axiale (autre patient), abcès du cul de sac de Douglas (A) : collection hypodense avec prise de contraste périphérique (flèches).

1.2.3 Signes associés

- **Ganglions mésentériques** (non spécifiques).
- **Stercolite,** formation de densité calcique, unique ou multiple, de la lumière appendiculaire (la présence d'un stercolite sans autre anomalie appendiculaire n'est pas synonyme d'appendicite).

Épanchement péritonéal (pelvien), hypodense (TDM) ou anéchogène (échographie).

1.2.4 Complications

- **Abcès** périappendiculaire ou à distance, notamment **hépatique** (collection hypodense avec prise de contraste périphérique).
- **Thrombose veineuse** septique (veine augmentée de volume et non opacifiée par le produit de contraste au temps veineux).
- **Perforation** (pneumopéritoine, *voir page 265*).
- **Péritonite** (épanchement intrapéritonéal et prise de contraste péritonéale).

2 Diverticulite

2.1 Physiopathologie

La diverticulose colique est une **interruption de la musculeuse** sur une zone de faiblesse pariétale, favorisée par un régime pauvre en fibres : se forme alors une **hernie acquise de la muqueuse et de la sous-muqueuse** à travers cette zone de faiblesse.
Elle est localisée sur le **côlon sigmoïde** le plus souvent, avant le côlon gauche puis le côlon transverse, et plus rarement sur le côlon droit.
La diverticulite est une **inflammation diverticulaire**, secondaire à une pullulation microbienne par stase stercorale. Lorsqu'elle intéresse le côlon sigmoïde, on parle souvent de sigmoïdite diverticulaire.

2.2 Imagerie

Elle **pose le diagnostic** et recherche des **complications**.

2.2.1 Modalités

TDM abdomino-pelvienne réalisée avec injection de produit de contraste, plus ou moins associée à une opacification digestive basse : c'est le **seul examen utile** dans cette indication.

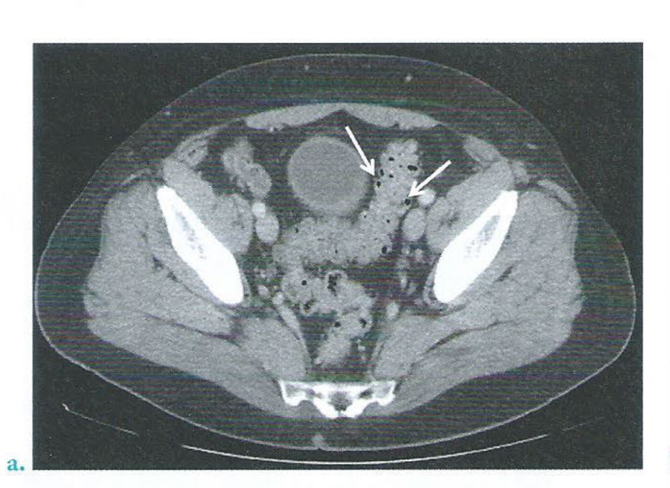
2.2.2 Signes positifs

- Présence de **diverticules pariétaux**.
- **Épaississement des parois** coliques.
- **Densification de la graisse** péricolique.

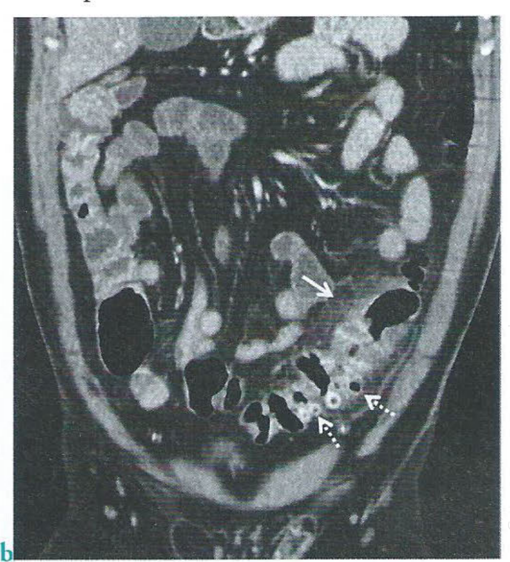
2.2.3 Complications

- **Abcès périsigmoïdien** ou à distance, notamment hépatique (collection avec prise de contraste périphérique).

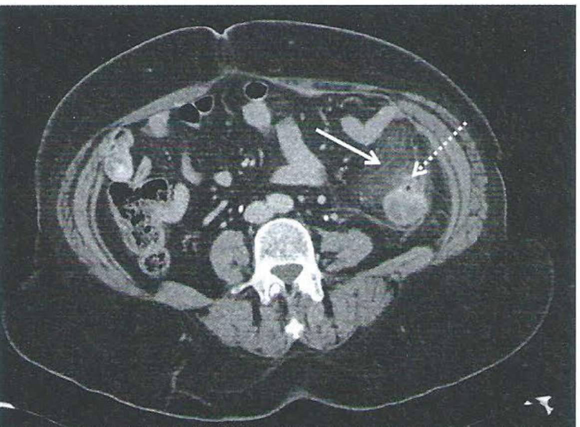
- **Fistulisation** dans les organes de voisinage (notamment vers les anses grêles et la vessie).
- **Thrombose veineuse** septique (veine augmentée de volume et non opacifiée par le produit de contraste).
- **Perforation** (pneumopéritoine).
- **Péritonite** (épanchement intrapéritonéal et prise de contraste péritonéale).



a.



b.



c.

Figure 193 - Diverticulose et sigmoïdite diverticulaire
TDM abdomino-pelviennes avec injection de produit de contraste : **a.** coupe axiale. Multiples diverticules sigmoïdiens non compliqués, certains montrés par les flèches : diverticulose simple ; **b.** reconstruction coronale, diverticules sigmoïdiens (flèches pointillées) et densification de la graisse périsigmoïdienne (flèche pleine) : diverticulite sigmoïdienne aiguë ; **c.** coupe axiale : diverticule sigmoïdien (flèche pointillée) et densification de la graisse périsigmoïdienne (flèche pleine) : diverticulite sigmoïdienne aiguë.

3 Pneumopéritoine

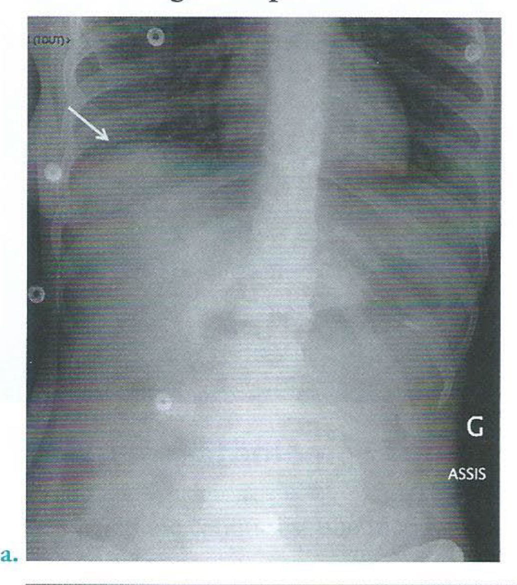
3.1 Physiopathologie

Il résulte de la **perforation d'un organe creux intra-abdominal**, avec issue d'air digestif dans la cavité abdominale. Le pneumopéritoine peut être **libre** (s'insinuant alors entre les feuillets pariétal et viscéral du péritoine), ou **cloisonné**.

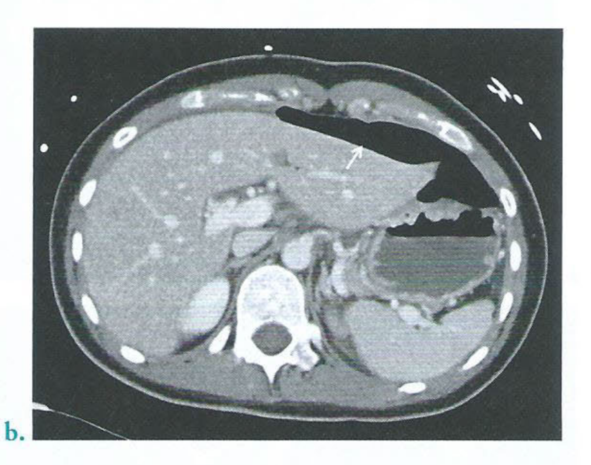
L'origine du pneumopéritoine est variable : **iatrogène** (pneumopéritoine postopératoire, jusqu'à dix à quinze jours après l'intervention), secondaire à une **perforation d'ulcère** gastro-duodénal, de **diverticule**, de **cancer** du tube digestif, ou encore d'**origine traumatique** (plaie transfixiante du tube digestif)...

3.2 Imagerie

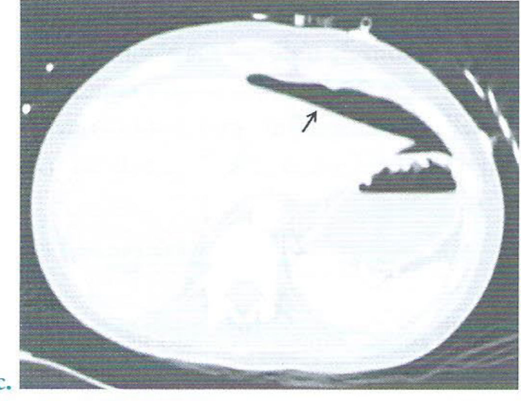
Elle fait le **diagnostic positif** et recherche des **éléments étiologiques**.



a.



b.



c.

Figure 194 - Pneumopéritoine
a. ASP de face réalisé en position assise : croissant clair sous diaphragmatique ; b) et c) TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste, coupes axiales ; **b.** fenêtre abdominale, plage pré-hépatique (flèche) hypodense (densité aérique) ; **c.** fenêtre parenchymateuse pulmonaire (même patient que b), plage pré-hépatique (flèche) hypodense. Ce fenêtrage permet de mieux mettre en évidence la densité aérique du pneumopéritoine, par rapport à d'autres structures hypodenses comme la graisse intra-abdominale. Noter la présence (physiologique) d'air dans l'estomac.

3.2.1 Modalités

Abdomen sans préparation (ASP) debout centré sur les coupoles

L'examen est **souvent pratiqué en première intention**, mais manque de sensibilité (pneumopéritoine visible dans seulement deux tiers des cas, difficile à détecter si de faible abondance ou cloisonné). Un orthostatisme de 15 minutes avant la réalisation de l'examen augmente cette sensibilité.

TDM abdomino-pelvienne

Cet **examen** est **très sensible**. Le pneumopéritoine est visible sans injection de produit de contraste (en particulier en fenêtre parenchymateuse pulmonaire), l'intérêt de l'injection de produit de contraste iodé est à discuter pour le bilan étiologique de la perforation.

3.2.2 Signes positifs

- **Croissant clair sous diaphragmatique** (ASP).
- **Clartés aériques extradigestives**, sous forme de bulles à proximité de la perforation, ou de plage en particulier préhépatique (TDM).

3.2.3 Signes étiologiques

- Visualisation d'une **brèche pariétale digestive** (inconstante), notamment en regard d'un ulcère gastroduodénal perforé.
- **Masse tumorale du tube digestif** (essentiellement colique). La perforation peut siéger au site de la tumeur ou en amont (perforation diastatique du cæcum en amont d'une tumeur colique).

4 Occlusion intestinale

4.1 Physiopathologie

On distingue 3 mécanismes d'occlusion : par obstruction, par strangulation et fonctionnelle.

4.1.1 Occlusion par obstruction

- Elle résulte d'une **distension des anses digestives** en amont d'un obstacle :
  - augmentation de la pression intraluminale ;
  - blocage du retour veineux ;
  - accumulation de liquide dans la lumière et création d'un troisième secteur :
    - troubles hydro-électrolytiques jusqu'au collapsus (siège grêlique surtout) ;
    - œdème pariétal ;
    - exsudation de liquide dans la cavité péritonéale : épanchement liquidien intra-abdominal.
- S'y associe une **altération de la motilité intestinale** qui majore la distension.
- Enfin, il se produit une **pullulation microbienne** par stase et une translocation bactérienne vers la circulation systémique et la cavité péritonéale.

4.1.2 Occlusion par strangulation

Elle est responsable :
- d'un **blocage au retour artériel** (ischémie, nécrose), et **veineux** (extravasation sanguine dans la lumière intestinale, tardive) ;
- d'une **translocation bactérienne**, plus précoce ;
- d'une **distension intestinale** avec les mêmes conséquences que l'occlusion par obstruction.

4.1.3 Occlusion fonctionnelle

Altération du péristaltisme intestinal sans blocage organique.

Les étiologies sont nombreuses et se répartissent entre :
- **des causes organiques** par obstruction et par strangulation, résumées dans le tableau *ci-dessous* (causes les plus fréquentes en gras) ;
- **des causes fonctionnelles** : postopératoire (laparotomie), secondaire à une pathologie intrapéritonéale (péritonite), rétropéritonéale (hématome rétropéritonéal, colique néphrétique), neurologique (sclérose en plaque), métabolique (hypokaliémie) ou médicamenteuse (neuroleptiques).

Étiologies des occlusions intestinales organiques

	Siège grêlique	Siège colique
Par obstruction	**Carcinose péritonéale** Bézoard Iléus biliaire Sténose ischémique, postradique, inflammatoire (maladie de Crohn) Tumeurs du grêle Tuberculose iléo-caecale Hématome intramural	**Cancer colique** **Fécalome** Diverticulite Corps étranger intrarectal Sténose ischémique, postradique Compression extrinsèque (cancer pelvien) Endométriose recto-colique
Par strangulation	**Bride intrapéritonéale** **Étranglement herniaire**, ou sur éventration Invagination intestinale aiguë Diverticule de Meckel	**Volvulus du sigmoïde** Volvulus du caecum Volvulus du côlon transverse Invagination colo-colique (sur tumeur)

4.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif**, recherche une **étiologie** et des **signes de gravité**.

4.2.1 Modalités

ASP

Cliché debout de face, incluant les coupoles (recherche de niveaux hydroaériques et de pneumopéritoine) et cliché de face en décubitus dorsal avec rayon vertical (répartition des clartés gazeuses dans les anses digestives). Il est **classiquement réalisé en première intention mais ne devrait plus être prescrit dans cette indication** : sa sensibilité n'est classiquement pas de 100 % (absence de niveau hydroaérique en cas d'obstacle haut situé ou de distension uniquement liquidienne) et il est en général insuffisant pour déterminer l'étiologie.

TDM abdomino-pelvienne

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste, **pour confirmer le diagnostic, préciser l'étiologie** et **rechercher des complications.** C'est l'examen de première intention.

4.2.2 Signes positifs

ASP

Niveaux hydroaériques (NHA), dont les morphologies et la répartition permettent d'orienter le siège de l'occlusion.

Caractéristiques sémiologiques des occlusions intestinales grêlique et colique

Occlusion grêlique	Occlusion colique
‣ NHA nombreux, plus larges que hauts, centraux ‣ Plissement circonférentiel fin ‣ Absence de gaz colique	‣ NHA peu nombreux, plus hauts que larges, périphériques ‣ Haustrations coliques non circonférentielles

TDM

Diagnostic positif

- Occlusion grêlique : **distension des anses grêles** supérieure à 30 mm ; côlon plat.
- Occlusion colique : **distension colique**, pouvant être associée à une distension des anses grêles en cas de valvule de Bauhin incontinente.

Diagnostic du siège

Recherche du site de la **jonction anse plate-anse** dilatée en suivant le tube digestif dans sa totalité.

Diagnostic étiologique (Voir tableau page 268)

4.2.3 Signes de gravités et complications

ASP et TDM

Pneumopéritoine, traduisant une perforation.

TDM

- **Modifications pariétales** : amincissement des parois digestives, défaut de prise de contraste pariétale, pneumatose pariétale (clartés aériques au sein de la paroi intestinale).
- **Aéroportie** (présence d'air dans les vaisseaux portes).
- **Épanchement intrapéritonéal** hypodense de grande abondance.
- **Péritonite** (prise de contraste des feuillets du péritoine).

IMPORTANT

Cas particulier de l'invagination intestinale aiguë chez l'enfant

C'est une pathologie fréquente en pédiatrie, où elle est la **première cause d'occlusion.**
Elle correspond à une pénétration d'un segment intestinal proximal dans un segment intestinal d'aval, formant un « boudin d'invagination » (composé d'un cylindre interne invaginé et d'un cylindre externe « invaginant »).
Elle se produit le plus souvent **en l'absence de pathologie locale sous-jacente** (ou sur une adénolymphite mésentérique) entre l'âge de 6 mois et 3 ans, en dehors de cette tranche d'âge il faut rechercher une **cause favorisante** (diverticule de Meckel, purpura rhumatoïde, duplication digestive, lymphome…).
L'invagination la plus fréquente est **iléo-caecale**, rarement iléo-iléale et exceptionnellement colo-colique.
Les signes sémiologiques en imagerie sont les suivants :

- **ASP** (signes d'orientation, manquant de sensibilité) : pauvreté aérique du tube digestif, avec absence d'air dans le caecum (disparition du granité caecal), niveaux hydroaériques grêliques. Plus rarement, tête du boudin d'invagination visible directement (opacité tissulaire cernée par de l'air colique d'aval) ;
- **échographie** (diagnostic positif) : boudin d'invagination visible en coupe axiale en forme de « cible » ou « cocarde » et en coupe sagittale en forme de « sandwich » ou « pseudo-rein » *(voir figure 195)* ;
- **lavement opaque** (à but surtout thérapeutique) : arrêt de la progression du produit de contraste avec image en « pince de crabe » en regard de l'invagination. Permet souvent la réduction de l'invagination sous la pression du produit de contraste. Les critères de réussite de la manœuvre sont : le retour du caecum en fosse iliaque droite, sans irrégularité pariétale, l'opacification massive des dernières anses grêles, et l'absence de récidive de l'invagination sur les clichés postévacuation.

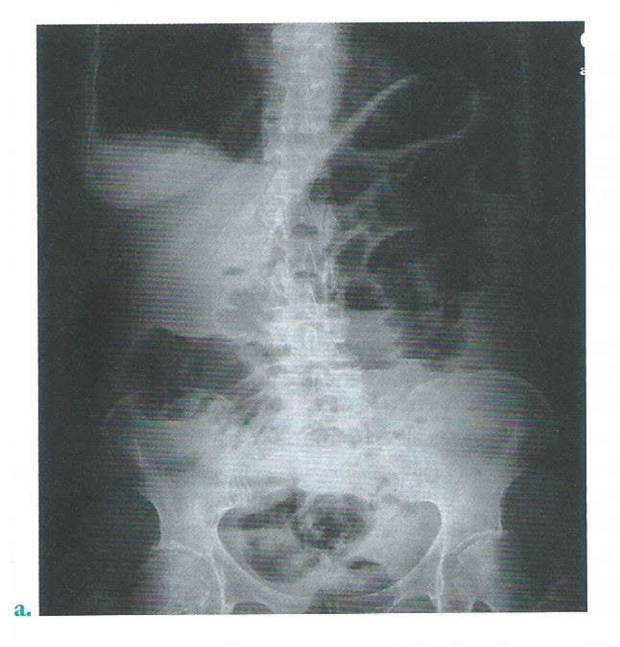
Un lavement à l'eau peut être préféré, avec contrôle échographique de la réduction (avantage de l'absence d'irradiation).

a. b.

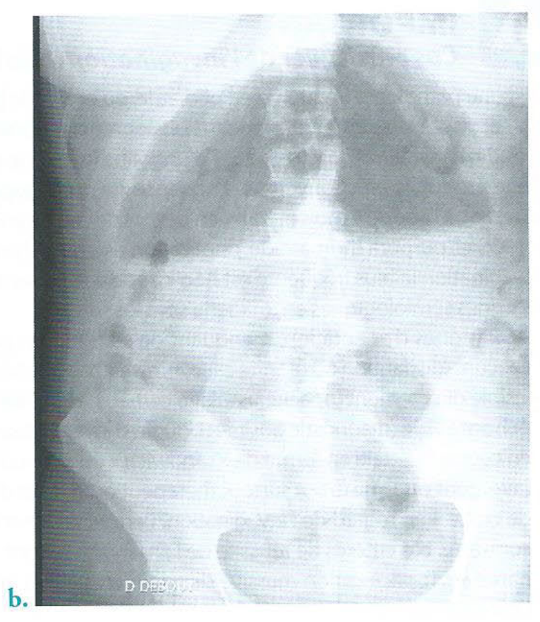
c. d. e.

Figure 195 - Invagination intestinale

a. vue en coupe sagittale (flèche : sens du péristaltisme intestinal : I : anse « invaginante » ; i : anse « invaginée ») ; **b.** vue en coupe transversale selon le trait pointillé du schéma a ; **c.** et **d.** échographie abdominale, **c.** coupe sagittale ; **d.** coupe transversale. Segment invaginé (« i ») hyperéchogène, segment « invaginant » hypoéchogène (flèches). Le boudin d'invagination forme une image de « pseudo-rein » en coupe sagittale et de « cocarde » en coupe transversale ; **e.** lavement opaque (même patient que **c.** et **d.**). Image en pince de crabe (flèches) correspondant au boudin d'invagination vu de profil.



a.



b.

c. d.

e. f.

Figure 196 - Occlusions intestinales

a. et **b.** ASP debout de face ; a) niveaux hydroaériques nombreux, centraux, avec plissement fin circonférentiel, témoignant d'une occlusion grêlique (il s'agissait d'une occlusion sur bride) ; **b.** niveau hydroaérique unique, périphérique, avec haustrations non circonférentielles, témoignant d'un siège colique (il s'agissait d'un volvulus du caecum) ; **c. d. e.** et **f.** TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste (quatre patients différents) ; **c.** reconstructuction coronale, anses grêles dilatées (astérisque) avec jonction grêle plat-grêle dilaté au creux inguinal gauche, témoignant d'une occlusion grêlique secondaire à une hernie inguinale gauche ; **d.** coupe axiale, anses grêles dilatées avec niveau hydroaérique (flèche), et image en bec d'oiseau au sommet de l'anse marquée d'une astérisque, témoignant d'une occlusion grêlique sur bride ; **e.** reconstruction coronale, côlon (astérisque blanche) et grêle (astérique noire) dilatés en amont d'une masse pariétale du côlon transverse (flèche), témoignant d'un cancer colique en occlusion ; **f.** reconstruction coronale, dilatation des anses grêles avec défaut de rehaussement pariétal de certaines anses grêles (flèche blanche) par rapport à d'autres (flèche noire), témoignant d'une occlusion grêlique avec signe de souffrance digestive.

5 Pathologie vésiculaire

5.1 Colique hépatique

5.1.1 Physiopathologie

La colique hépatique est une **distension vésiculaire aiguë** secondaire à un **calcul** (cholestérolique, pigmentaire ou mixte) s'enclavant dans le canal cystique.

5.1.2 Imagerie

Elle a un rôle pour le **diagnostic positif** en recherchant des calculs vésiculaires, pouvant être à l'origine de la douleur, et pour le **diagnostic différentiel**.

Modalités

Échographie abdominale

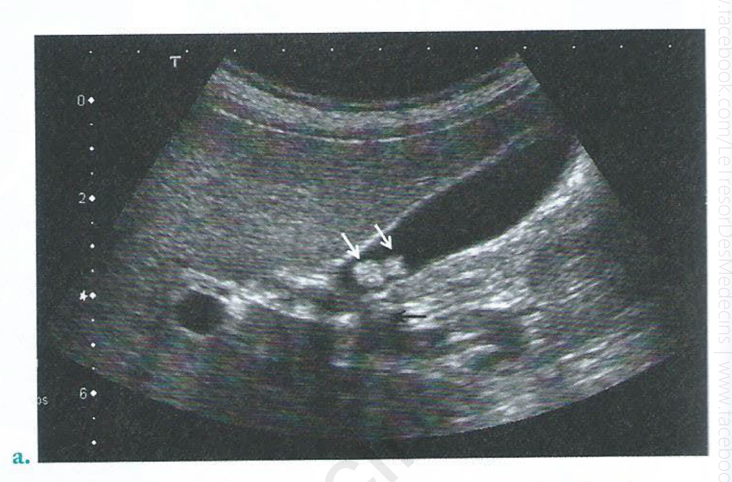
C'est **l'examen de première intention**, il est sensible et spécifique, pratiqué à jeun (plus de 6 heures) car la vésicule biliaire est collabée en période post-prandiale (paroi non analysable).

ASP

Il n'a **aucun intérêt** en pratique, les calculs biliaires étant visibles uniquement s'ils sont calcifiés (20 % des cas).

TDM abdomino-pelvienne

Elle ne peut mettre en évidence les calculs présentant une densité similaire à celle de la bile (30 % des calculs). Elle n'a **pas d'intérêt en première intention**, mais est utile pour le diagnostic différentiel.

a.


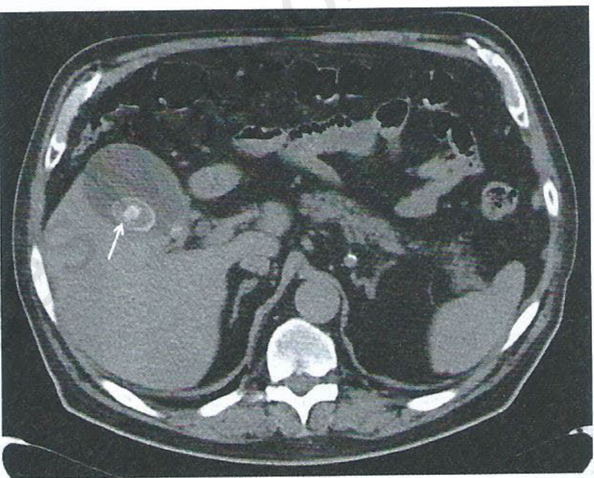
b.


Figure 197 - Calculs vésiculaires
a. échographie hépatique, coupe axiale. Formations hyperéchogènes (flèches blanches) de la vésicule biliaire, avec cones d'ombre postérieurs (flèche noire) ; **b.** TDM abdomino-pelvienne sans injection de produit de contraste, coupe axiale. Formation arrondie dense de la vésiculaire biliaire (flèche).

Signes positifs

- Présence d'un ou plusieurs **calculs vésiculaires** sous forme d'images **hyperéchogènes** avec **cône d'ombre postérieur**, **mobiles**, déclives (échographie), ou spontanément **hyperdenses** (TDM), en particulier dans la région infundibulaire ou dans le canal cystique.
- **Paroi vésiculaire fine** (inférieure à 4 mm).
- **Voies biliaires** intra- et extra-hépatiques **non dilatées**.

Complications

Cholécystite, **angiocholite** *(voir pages suivantes)*.

5.2 Cholécystite aiguë

5.2.1 Physiopathologie

La cholécystite aiguë découle d'une **obstruction brutale** de l'infundibulum ou du canal cystique (par un calcul dans 90 % des cas) responsable :

- d'une **distension vésiculaire** avec **inflammation** et **œdème pariétal** (hydrocholecyste) ;
- entraînant une **stase** et une **infection** du contenu vésiculaire (cholecystite purulente) ;
- puis une **compression des vaisseaux vésiculaires** : nécrose pariétale (cholecystite ischémique) ;
- avec un risque de **perforation** vésiculaire dans le lit vésiculaire, l'intestin, le péritoine ou la voie biliaire principale.

Il existe également des **cholecystites non lithiasiques**, en particulier parasitaires (cryptosporidiose).

5.2.2 Imagerie

Elle porte le **diagnostic positif** et recherche des **complications.**

Elle est également utile pour le **diagnostic différentiel**.

Modalités

Échographie abdominale

C'est **l'examen de première intention**, indiqué devant la suspicion clinique.

TDM abdomino-pelvienne

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste, uniquement pour la recherche de **diagnostic différentiel** ou de **complications**.

a.

b.

c.

Figure 198 - Cholécystite aiguë
Échographie abdominale. Vésicule biliaire normale (a) et cholécystite (b et c) : **a.** vésicule biliaire normale (« v »), à paroi fine et contenu anéchogène ; **b.** épaississement de la paroi vésiculaire (double flèche) ; **c.** (même patient que b) contenu vésiculaire lithiasique, hyperéchogène (flèche) avec cône d'ombre postérieur.

Signes positifs

Les signes à l'échographie sont les suivants :

- **douleur provoquée au passage de la sonde** (signe de Murphy échographique) : signe le plus sensible ;
- **distension vésiculaire** ;
- **anomalies du contenu vésiculaire** : calcul(s), boue biliaire (liquide échogène composé de bile épaisse, de pus ou de sang) ;
- **augmentation de l'épaisseur pariétale vésiculaire** : supérieure à 4 mm (aspécifique) ; aspect typiquement feuilleté et irrégulier de la paroi.

IMPORTANT
Autres causes d'augmentation de l'épaisseur pariétale vésiculaire

L'augmentation d'épaisseur peut avoir différentes causes :
- origine biliaire : vésicule contractée (patient non à jeun), cancer vésiculaire, cholangite sclérosante, adénomyomatose ;
- origine non biliaire : insuffisance cardiaque, ascite, hépatite virale, hypoprotidémie, cirrhose, pancréatite.

Complications

Abcès hépatique périvésiculaire

Collection hypo-échogène (échographie) ou **hypodense** (TDM) du parenchyme hépatique à proximité de la vésicule.

Perforation vésiculaire

Collection liquidienne extravésiculaire, avec parfois présence de calculs extravésiculaires.

Cholécystite emphysémateuse

Présence d'**air intrapariétal** vésiculaire (surtout vue en TDM).

Fistule biliodigestive

Présence d'air dans les voies biliaires (aérobilie), sous forme d'images hyperéchogènes de voies biliaires (échographie) ou de densité aérique (TDM). Le calcul est parfois visible dans le **tube digestif**. La fistule peut s'accompagner d'un **iléus biliaire** (tableau occlusif).

Syndrome de Mirrizi

Compression du canal hépatique commun par la masse inflammatoire secondaire à l'enclavement d'un calcul dans le canal cystique, et **dilatation des voies biliaires intrahépatiques**.

5.3 Angiocholite aiguë lithiasique

5.3.1 Physiopathologie

L'angiocholite aiguë lithiasique est **la conséquence de la migration d'un calcul** d'origine vésiculaire ou intra-hépatique **dans la voie biliaire principale** (VBP), ou plus rarement de la formation d'un calcul en amont d'une sténose. Elle se manifeste par :
- une **dilatation de la VBP** et une **stase biliaire** ;
- puis une **infection de la bile** dans les voies biliaires intra- et extra-hépatiques par des bactéries d'origine intestinale ;
- avec un **risque de complications** locales et régionales (abcès hépatiques, péritonite biliaire), mais également **générales** (insuffisance rénale et choc septique).

Pour aller plus loin

Angiocholite non lithiasique

L'obstacle à l'origine de la stase biliaire peut être également tumoral (cancer de la tête pancréatique, ampullome vatérien, cholangiocarcinome), inflammatoire (sténose secondaire à une transplantation hépatique ou à une cholangite sclérosante primitive), parasitaire (distomatose) ou iatrogène (postcholangiographie rétrograde endoscopique).

5.3.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif** et recherche des **complications**.

Modalités

Échographie abdominale

C'est **l'examen de première intention** pour le diagnostic positif, parfois la voie biliaire principale (VPB) est difficile à visualiser sur tout son trajet en raison d'interposition de gaz digestifs. Le calcul serait visible dans seulement 50 % des cas.

TDM abdomino-pelvienne

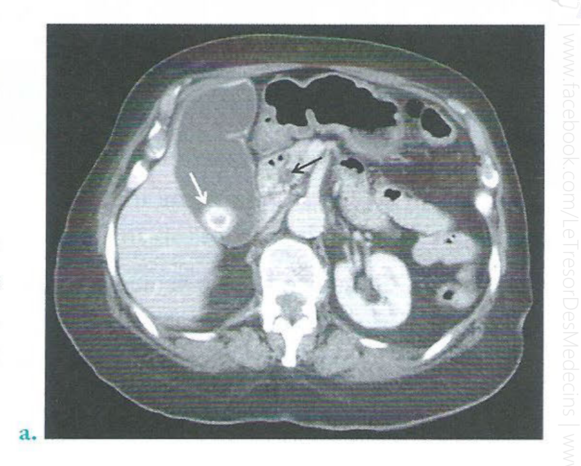
Elle est **plus sensible que l'échographie** pour la détection des calculs de la voie biliaire principale, notamment du bas cholédoque (acquisition sans injection). Elle présente un intérêt également pour la recherche d'autre cause d'obstruction biliaire (acquisition après injection de produit de contraste).

Écho-endoscopie et cholangio-IRM

Ces **examens sont de deuxième intention**, très sensibles pour les petits calculs du bas cholédoque (meilleures performances que la TDM).

Signes positifs

- **Calcul(s) de la VBP** : images hyperéchogènes avec cône d'ombre postérieur (échographie), images spontanément hyperdenses (TDM).
- **Dilatation des voies biliaires** intra-hépatiques et de la voie biliaire principale supérieure à 7 mm.
- **Prise de contraste** des parois de la VBP (TDM).


a.

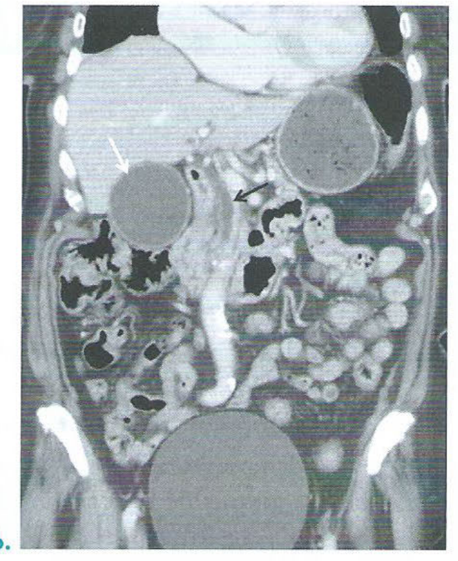

b.

Figure 199 - Angiocholite aiguë lithiasique
TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste : **a.** coupe axiale, lithiase vésiculaire (flèche blanche) au sein d'une vésicule biliaire distendue, discrète hyperdensité au sein de la voie biliaire principale dilatée (flèche noire) ; **b.** reconstruction coronale (même patient que a), vésicule biliaire distendue (flèche blanche), dilatation de la voie biliaire principale (flèche noire).

Complications

Abcès hépatique

Formation hypoéchogène (échographie) ou **hypodense** avec **prise de contraste périphérique** (TDM), unique ou multiples (abcès miliaires du foie : multiples abcès de petite taille).

Perforation et péritonite

Pneumopéritoine, **épanchement intrapéritonéal** hypo-échogène (échographie) ou hypodense (TDM), et **prise de contraste** des feuillets péritonéaux (vue seulement au TDM).

Chapitre 10
Pathologie hépatique

Item n° 273. Hépatomégalie et masse abdominale
Item n° 276. Cirrhose et complications
Item n° 301. Tumeurs du foie, primitives et secondaires

1 Maladies diffuses du foie

1.1 Stéatose

1.1.1 Physiopathologie

En cas d'**afflux hépatique** trop important d'**acides gras libres** provenant de la digestion, via le système porte, il se produit :

- une **saturation des possibilités de métabolisation** du foie ;
- avec **accumulation de lipides** dans le cytoplasme des hépatocytes ;
- et un risque d'évolution vers une **cirrhose dysmétabolique**.

Deux formes existent : la **stéatose diffuse** et la **stéatose hétérogène** (les plages de stéatose siégeant préférentiellement autour de la vésicule, dans le segment IV et le segment I). Le diagnostic de la stéatose hétérogène est parfois plus difficile, les lésions pouvant prendre un aspect pseudo-tumoral.

1.1.2 Imagerie

Le diagnostic de certitude est théoriquement **histologique**, mais différents examens d'imagerie permettent de **diagnostiquer la stéatose** avec un bon indice de confiance. La biopsie est donc rarement réalisée.

Modalités

Échographie hépatique

C'est **l'examen de première intention** pour le diagnostic positif de stéatose.

TDM abdominale sans injection de produit de contraste

Cet examen est **également performant** lorsque l'on choisit un critère diagnostique strict *(voir plus bas)*.

IRM hépatique

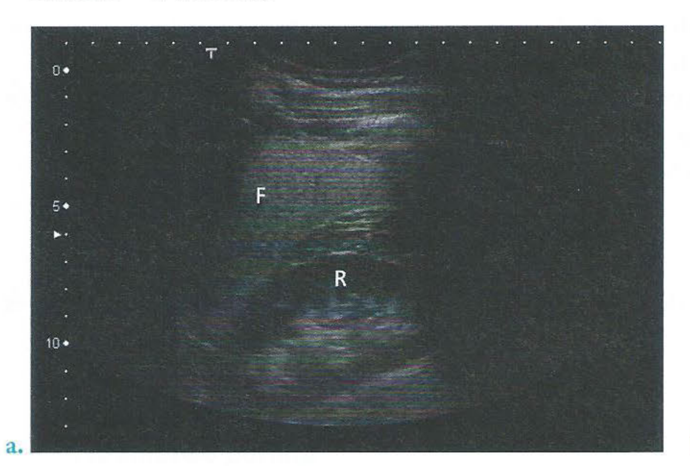
C'est un **examen de deuxième intention**, très sensible, à privilégier pour le diagnostic de stéatose focale ou hétérogène. Elle comprend une séquence *phase in-phase out*.

Signes positifs

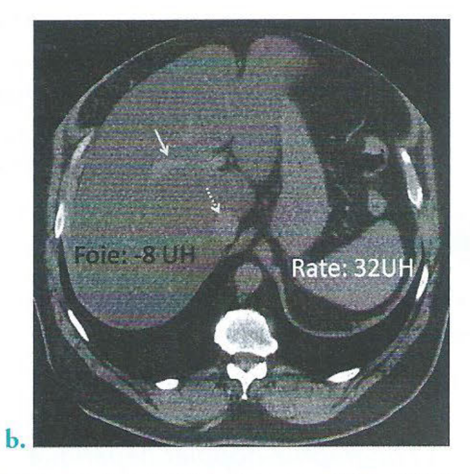
- Foie **hyperéchogène**, avec **augmentation du gradient hépatorénal** : parenchyme rénal droit hypo échogène par rapport au parenchyme hépatique (échographie).
- **Hypodensité** du parenchyme hépatique avec **densité de la rate supérieure de plus de 5 UH** à celle du foie (TDM).
- **Chute du signal sur les séquences *phase out*** comparativement aux séquences *phase in* (IRM).
- En cas de stéatose hétérogène, les plages de stéatose ont souvent des **localisations préférentielles** et n'exercent aucun effet de masse sur les vaisseaux.

Complications

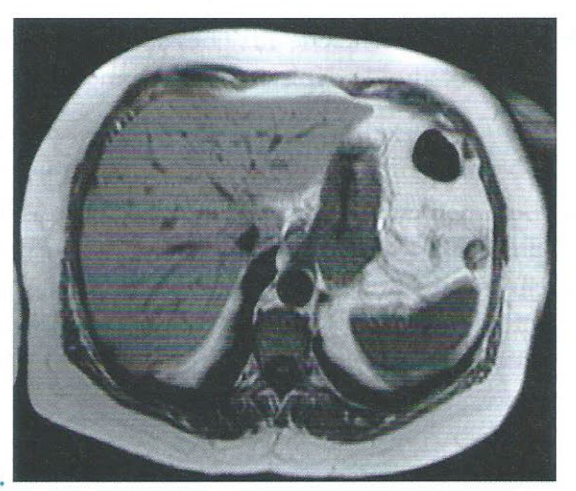
Cirrhose sur stéato-hépatite non alcoolique : rechercher des signes de dysmorphie hépatique *(voir « Cirrhose » ci-dessous)*.



a.



b.


c.

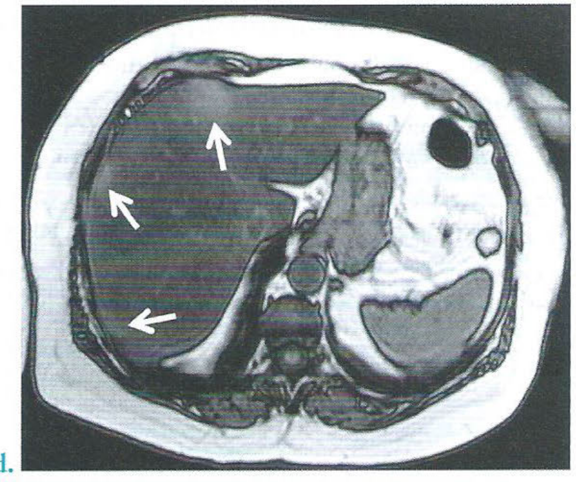

d.

Figure 200 - Stéatose

a. échographie abdominale : parenchyme hépatique (« F ») hyperéchogène comparativement au parenchyme rénal droit (« R ») ; **b.** TDM abdominale sans injection, coupe axiale : hypodensité du parenchyme hépatique comparativement au parenchyme rénal, avec une différence de densité de 40 UH. Noter la visibilité d'un vaisseau portal (flèche pleine) et de la veine cave inférieure (flèche pointillée) en l'absence d'injection de produit de contraste ; **c.** IRM abdominale en coupe axiale, séquence phase in ; **d.** IRM abdominale en coupe axiale, séquence phase out (même patient que c). Le signal du foie chute (le parenchyme hépatique apparaît globalement en hyposignal par rapport à la séquence phase in) sauf dans quelques plages sous-capsulaire (flèches). Il s'agit d'une stéatose hétérogène, les plages de foie sain étant les plages sous-capsulaires.

1.2 Cirrhose

1.2.1 Physiopathologie

La définition est **anatomopathologique**. C'est une **agression chronique** du foie par différents facteurs hépatotoxiques (alcool, virus, stéatose, hémochromatose médicaments…) provoquant des **destruction hépatocytaire**. Il en résulte :

- une **augmentation des constituants de la matrice extracellulaire** en réponse à l'agression, aboutissant à une **fibrose** hépatique ;
- une **désorganisation du parenchyme** et la formation de **nodules de régénération** (constituée de parenchyme sain) ;
- un **risque de dégénérescence néoplasique** de ces nodules sous forme de **carcinome hépatocellulaire** (CHC).

Parallèlement, la **pression veineuse portale augmente**, en réponse à l'obstacle intra-hépatique créé par la fibrose, et à des phénomènes vasoactifs :

- création de **voies de dérivation portosystémiques**, afin de court-circuiter l'obstacle hépatique (splénorénales, para-ombilicales, gastriques gauches…) ;
- et apparition d'une **splénomégalie** (de volume non corrélé au degré d'hypertension).

1.2.2 Imagerie

Le diagnostic positif reste dans la majorité des cas **histologique**. L'imagerie apporte initialement des **éléments en faveur du diagnostic**, puis permet le dépistage des **complications**.

Modalités

Échographie-doppler hépatique

Examen de première intention, elle est réalisée initialement à la recherche de signes de cirrhose puis dans le suivi des hépatopathies chroniques (tous les 6 mois), afin de dépister le carcinome hépatocellulaire (CHC).

TDM hépatique

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste. L'**examen est de deuxième intention**, en cas de lésion focale à l'échographie (mais dans ce cas l'IRM sera préférentiellement réalisée), ou d'échographie non contributive. Des signes de dysmorphie hépatique peuvent également être diagnostiqués de façon fortuite sur un examen réalisé pour une autre indication. Le protocole d'exploration comporte une acquisition sans injection, une acquisition au temps artériel (pour la recherche de CHC) et une acquisition au temps portal (évaluation du réseau porte : recherche de thrombose, de voies de dérivations portosystémiques).

IRM hépatique

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste. C'est un **examen de deuxième intention**, pratiqué en cas de lésion focale à l'échographie ou d'échographie non contributive. Le protocole comprendra des séquences après injection de produit de contraste, pour les mêmes raisons qu'en TDM.

Signes positifs

- **Dysmorphie hépatique** : atrophie du segment IV, hypertrophie du segment I, atrophie relative du lobe droit et hypertrophie du lobe gauche. À un stade évolué : **atrophie globale** du foie.
- **Contours hépatiques irréguliers, nodulaires** en rapport avec les nodules de régénération.
- **Structure grossière** globale du foie (échographie).

IMPORTANT
Segmentation hépatique

Le foie est divisé en huit segments.
Le foie droit comporte les segments V, VI, VII et VIII.
Le foie gauche comporte les segments I, II, III et IV.
Le ligament rond sépare les lobes droit et gauche. Le lobe droit est constitué du foie droit et du segment IV.

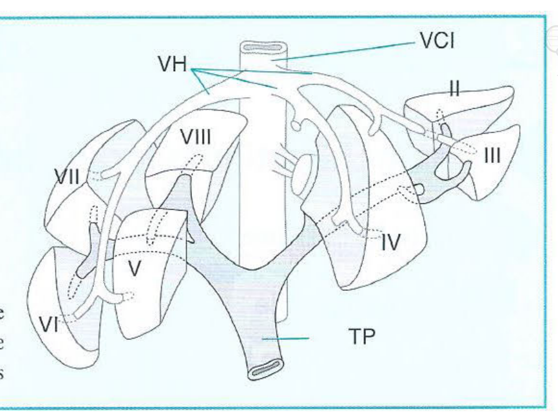


Figure 201 - Segmentation hépatique
TP : tronc porte, VCI : veine cave inférieure
VH : veines hépatiques

Signes associés

Hypertension portale

Splénomégalie (aspect convexe de la face interne de la rate, critère de taille variable), **voies de dérivations portosystémiques** (dilatations veineuses péri-œsophagiennes, périgastriques, périspléniques), **augmentation de calibre du tronc porte et de la veine splénique**, inversion du flux portal (en doppler).

Ascite

Épanchement liquidien hypo-échogène (échographie) ou hypodense (TDM) péri-hépatique, dans les gouttières pariéto-coliques, à l'étage pelvien…

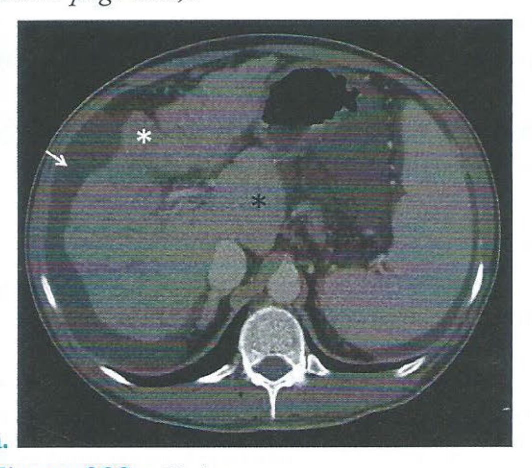
Complications

Thrombose portale

Défaut d'opacification du tronc porte ou de ses branches et hypodensité endoluminale.

CHC

Lésions hépatiques focales, pouvant prendre une apparence variable, avec un rehaussement typique, au temps artériel après injection de produit de contraste *(voir « Carcinome hépatocellulaire » page 288)*.

a.


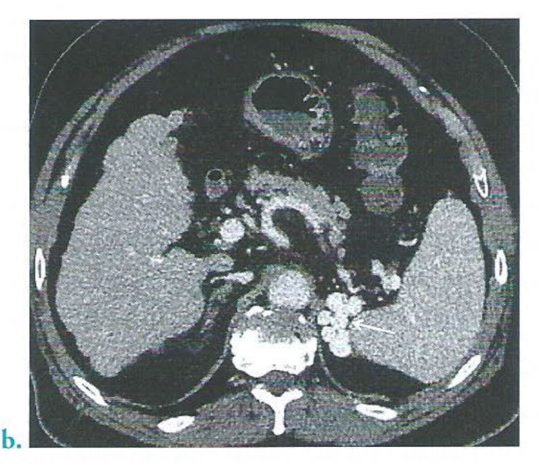
b.


Figure 202 - Cirrhose
TDM abdominale avec injection, coupes axiales ; **a.** foie de contours bosselés, présentant une hypertrophie du segment I (* noire) et une atrophie du segment IV (* blanche). Noter également la présente d'ascite (flèche) et la splénomégalie traduisant l'hypertension portale ; **b.** foie de contours bosselés, dilatations veineuses périspléniques (flèche) témoignant de la présence de voies de dérivation porto-systémiques.

2 Lésions hépatiques focales

2.1 Lésions hépatiques focales infectieuses

2.1.1 Kyste hydatique

Physiopathologie

Le foie est la **localisation la plus fréquente** de l'infection parasitaire à *Echinococcus granulosus*, en général à la suite d'une ingestion d'œufs (contamination oro-fécale en zone d'endémie), par le cycle suivant :
- **pénétration de la paroi digestive** ;
- **passage dans le système porte** ;
- **développement intra-hépatique** d'un amas de formes embryonnaires entouré d'une coque fibro-inflammatoire.

Les risques évolutif sont la **compression** (vasculaire ou biliaire), la **surinfection** (à pyogènes) et la **rupture** (dans le péritoine, les voies biliaires ou les vaisseaux).

Imagerie

L'imagerie **participe au diagnostic** en corrélation avec la sérologie. Elle permet la **découverte fortuite** de certains kystes et recherche les **complications.**

Modalités

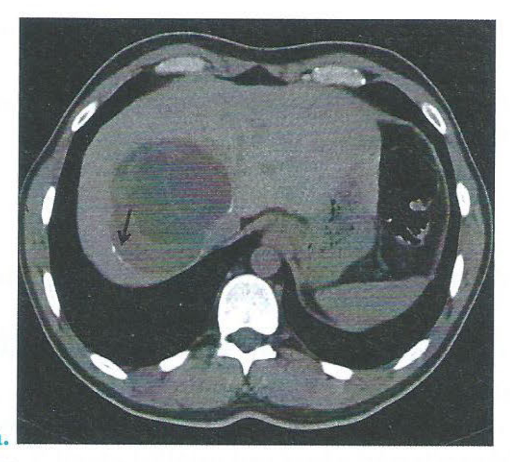
- **ASP ou radiographie de thorax de face** : ils ne sont pas indiqués dans cette pathologie, cependant l'examen peut rarement révéler des signes indirects de kyste hydatique sur un examen réalisé pour une autre raison.
- **Échographie hépatique** : c'est **l'examen de première intention** devant la suspicion diagnostique.
- **TDM hépatique** : réalisée sans et avec injection de produit de contraste, elle est incontournable pour le **bilan préthérapeutique**.
- **IRM hépatique** : alternative à la TDM, elle n'apporte pas de supériorité diagnostique.

Signes positifs

L'aspect du kyste hydatique **varie au cours de sa maturation** :
- **surélévation** localisée de **la coupole diaphragmatique droite**, **calcifications** disposées en anneau en regard de l'aire hépatique (ASP) ;
- masse parenchymateuse d'homogénéité variable, **anéchogène** (échographie), **hypodense** (TDM), ou **hyposignal T1 et hypersignal T2** (IRM), contenant parfois des **membranes flottantes** ;
- **paroi épaisse** parfois **calcifiée** (alors hyperéchogène en échographie ou hyperdense en TDM) ;
- **refoulement** des vaisseaux et des voies biliaires au contact ;
- **absence de prise de contraste** centrale ou pariétale (TDM, IRM) ;
- présence inconstante de **vésicules filles périphériques** (deuxième lésion à proximité).

Complications

- **Compression des voies biliaires** (dilatation des voies biliaires), du système porte (signe d'hypertension portale) ou des veines sus-hépatiques.
- **Rupture** intrapéritonéale, digestive, thoracique ou biliaire (fistule kysto-biliaire).


a.

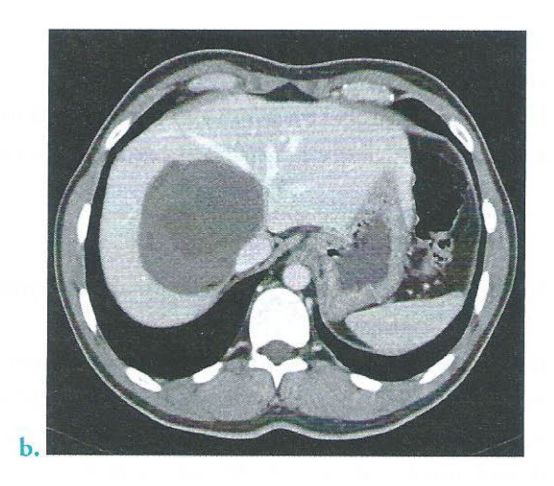

b.

Figure 203 - Kyste hydatique
Coupes axiales d'une TDM hépatique ; **a.** sans injection de produit de contraste. Masse hypodense hétérogène cloisonnée, bien limitée, dont les parois sont partiellement calcifiées (flèche) ; **b.** après injection de produit de contraste (même patient que a) : absence de rehaussement de la lésion.

2.1.2 Abcès hépatique

Physiopathologie

Il est la conséquence d'une **bactériémie** (d'origine artérielle : systémique, ou portale : appendicite, sigmoïdite…), d'un **foyer infectieux de contiguité** (cholecystite), ou d'une **infection ascendante des voies biliaires** (cholangite). Il se produit alors :

- une **embolisation des sinusoïdes hépatiques** ;
- une **destruction hépatocytaire** ;
- une **lyse des polynucléaires neutrophiles** ;
- la **collection** de la suppuration sous forme d'**abcès**, à **coque hypervasculaire**.

Le plus souvent, en cas d'abcès unique, la cause n'est pas retrouvée.

IMPORTANT
Abcès à pyogène et abcès amibien

Leur responsabilité respective dans le développement d'abcès hépatique varie en fonction des zones d'endémie de l'amibiase.
Les caractéristiques morphologiques des abcès à pyogènes comparativement aux abcès amibiens ne sont pas discriminantes.

Imagerie

Le diagnostic doit être **bactériologique**. L'imagerie apporte un **élément diagnostic** fort, permet le **guidage des prélèvements** bactériologiques et le **suivi**.

Modalités

- **ASP, radiographie de thorax de face** : ils ne sont pas indiqués pour le diagnostic, mais peuvent révéler des signes indirects d'abcès hépatique.
- **échographie hépatique** : c'est **l'examen de première intention**, ne permettant pas toujours toutefois d'affirmer le diagnostic en raison du polymorphisme des présentations. Elle permet le guidage des prélèvements bactériologiques.

- **TDM hépatique** : elle est réalisée avec injection de produit de contraste, en **deuxième intention**, en cas de doute sur l'échographie.
- **IRM hépatique** : c'est un examen de **deuxième intention**, sans apport supplémentaire par rapport à la TDM (réalisé en cas de contre-indication à la TDM).

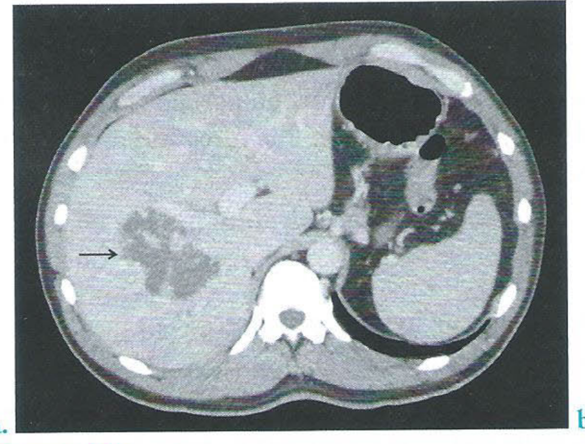
Signes positifs

Ils varient en fonction de l'âge de l'abcès :
- **surélévation de la coupole diaphragmatique**, épanchement pleural droit, atélectasie basale droite (ASP, radiographie de thorax) ;
- **multiples lésions confluentes** puis **lésion unique** multiloculée ou homogène, typiquement **hypo-échogène** (échographie), **hypodense** (TDM), en **hyposignal T1 et hypersignal T2** (IRM) ;
- **rehaussement pariétal périphérique** sans prise de contraste centrale (TDM, IRM), **halo hypodense** autour de la prise de contraste de la paroi (TDM).

Le nombre et le diamètre des abcès doivent être précisés.

Signes étiologiques

Chercher un **foyer infectieux de contiguïté** ou **régional** : cholécystite perforée, appendicite, sigmoïdite...

a. 

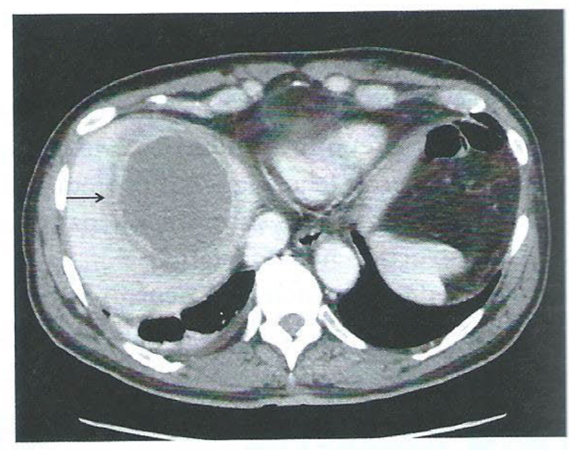
b. 

Figure 204 - Abcès hépatiques

TDM abdominales en coupe axiales : **a.** sans injection de produit de contraste. Formation hypodense multiloculée, hétérogène. Il s'agissait d'un abcès amibien ; **b.** après injection de produit de contraste (autre patient). Formation arrondie hypodense avec coque périphérique prenant le contraste, cernée d'un halo hypodense. Il s'agissait d'un abcès à pyogène.

2.2 Lésions hépatiques focales tumorales

Cette section décrit les tumeurs du foie **les plus fréquentes**, bénignes et malignes, mais n'a pas pour vocation d'être exhaustif.

En cas de découverte d'une tumeur à l'échographie, et en dehors des lésions caractérisables avec certitude échographiquement (kyste biliaire et hémangiome), il est indiqué de **réaliser d'emblée une IRM hépatique**. En effet, ses performances de caractérisation sont supérieures à celle de la TDM. La sémiologie TDM est cependant décrite (utile en cas de découverte fortuite d'une tumeur hépatique au TDM, ou de contre-indication à l'IRM...).

Pour l'analyse des lésions hépatiques focales en imagerie, il est important :
- de **comprendre l'anatomopathologie** pour comprendre l'aspect en imagerie ;
- d'avoir une **connaissance du contexte clinique** : âge, sexe, antécédents (oncologiques notamment), qui permettront d'orienter vers telle ou telle étiologie.

> ## Pour aller plus loin
> ### *Principes des protocoles TDM et IRM d'exploration de lésion hépatique focale*
> **TDM hépatique :** acquisition sans injection de produit de contraste, puis après injection aux temps artériel et portal, parfois complétée par un temps tardif.
> **IRM hépatique :** séquences T2, *phase in* et *phase out* (détection d'une composante graisseuse), T1 sans puis après injection de produit de contraste selon les mêmes modalités qu'en TDM, plus ou moins séquence de diffusion.

2.2.1 Tumeurs bénignes du foie

Elles sont de **découverte fortuite** dans la quasi totalité des cas, et leurs **complications** sont **rares**.

Kyste biliaire (ou kyste hépatique)

Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit d'une **formation liquidienne** séreuse, dont la paroi est formée d'un **épithélium unicellulaire**, sans communication avec les voies biliaires.
Sa prévalence est **élevée** : environ 2,5 % des patients en échographie. Il est de 1,5 à 4 fois plus fréquent chez la femme que chez l'homme.
Ses complications sont **exceptionnelles** : hémorragie intrakystique, compression (infection par un germe pyogène), rupture.

Imagerie

Le kyste biliaire est de **découverte fortuite** dans la grande majorité des cas, puisqu'il est asymptomatique en dehors de ses complications. **Le diagnostic est fait par l'imagerie** sans nécessité de preuve histologique.

- **Modalités**
  - **Échographie hépatique** : l'examen **suffit pour porter le diagnostic**.
  - **TDM et IRM hépatique** : elles sont **inutiles** pour le diagnostic, parfois indiquées pour l'exploration des complications (IRM).
- **Signes positifs**
  - Cinq critères sont nécessaires **en échographie** :
    - lésion **anéchogène** ;
    - **ovale** ou **sphérique** ;
    - à **bords nets** ;
    - à **renforcement postérieur** ;
    - **sans calcification ni végétation.**
  - **En TDM et IRM** : lésion liquidienne donc **hypodense** (TDM) ou en **hyposignal T1 et hypersignal T2 intense** (IRM), **bien limitée**, sans paroi (TDM) ou à paroi fine (IRM), **sans prise de contraste** ni **végétation** intrakystique.
- **Complications**
  - **Hémorragie intrakystique** : contenu du kyste devenant hétérogène, mobile (échographie), spontanément hyperdense (TDM), en hypersignal T1 (IRM).
  - **Compression des voies biliaires** (intra-hépatiques en général) : dilatation des voies biliaires intra-hépatiques.
  - **Infection du kyste** : épaississement pariétal, prise de contraste périphérique (imagerie similaire à celle de l'abcès à pyogènes).

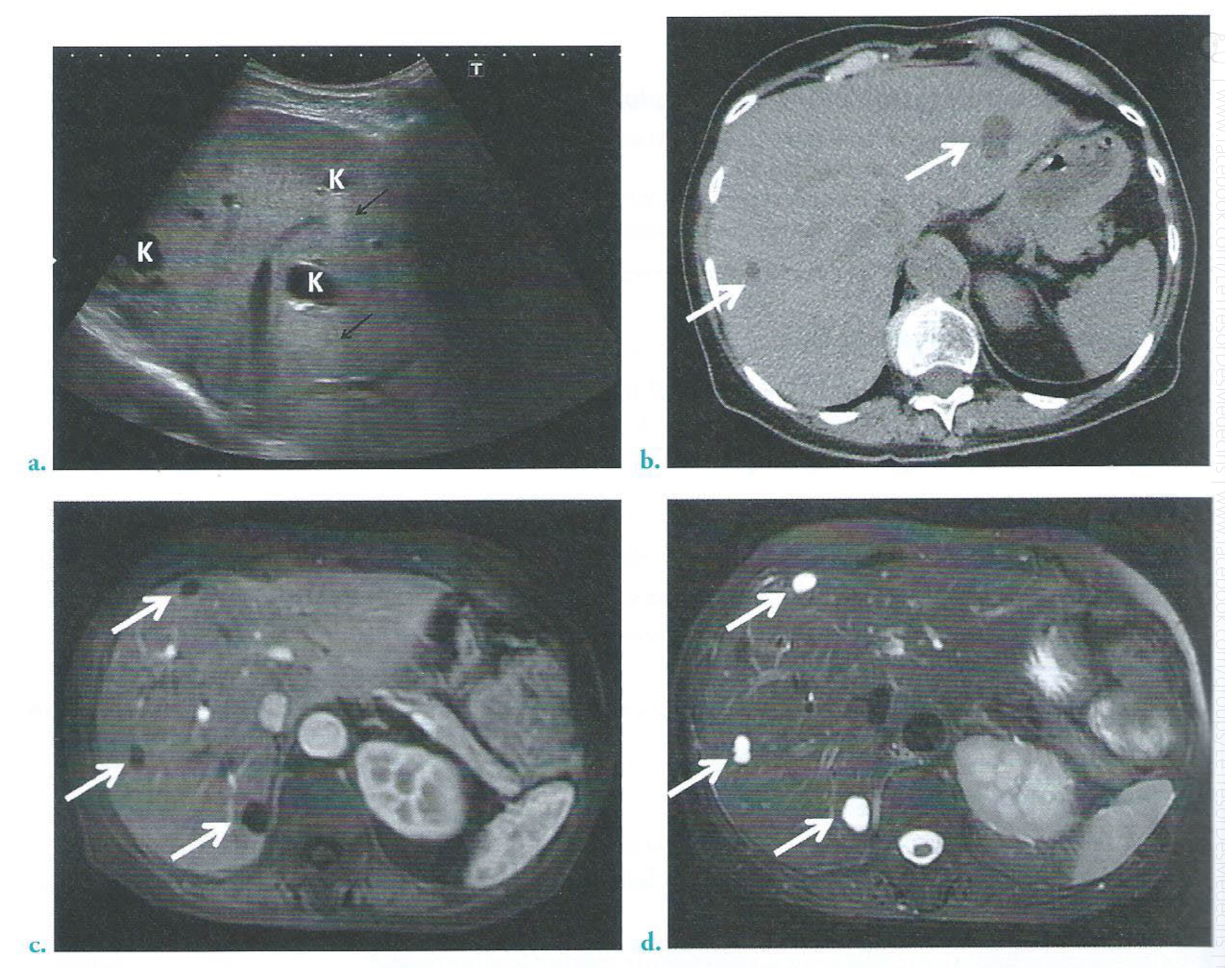


Figure 205 - Kystes biliaires

a. échographie. Multiples kystes biliaires (K), arrondis, à paroi fine, et avec artéfacts de renforcement postérieur (flèches) ; b. TDM hépatique sans injection en coupe axiale. Deux formations arrondies homogènes hypodenses (densités de 7 et 5 UH), sans paroi visible (flèches) ; c. IRM hépatique, coupe axiale, séquence T1 aprés injection de produit de contraste, avec saturation de graisse. Trois formations arrondies homogènes en hyposignal (flèches) ; d. IRM hépatique, coupe axiale, séquence T2 avec saturation de graisse (même patient que c). Les trois formations apparaissent en hypersignal intense liquidien (flèches).

Pour aller plus loin

Diagnostics différentiels des kystes biliaires

Les autre lésions kystiques du foie sont plus rares et en général non purement kystiques :

- kyste hydatique au début de l'évolution ;
- métastases kystiques (paroi irrégulières et épaisses) ;
- maladie de Caroli (kystes multiples communicant avec les voies biliaires) ;
- polykystose hépato-rénale (s'associant alors avec des kystes rénaux) ;
- cystadénome et cystadénocarcinome hépatiques.

Hémangiome

Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit d'une **prolifération de capillaires vasculaires** dilatés. Ils peuvent être uniques ou multiples. La prévalence est **élevée** : 3 à 5 % de la population. Il est six à huit fois plus fréquent chez la femme. Les complications sont **exceptionnelles** : hémorragie, rupture. Il n'y a pas de dégénérescence maligne.

Imagerie

Elle **fait le diagnostic**, sans nécessité de preuve histologique sauf cas atypiques.

a.

b.

c.

d.

e.

Figure 206 - Hémangiomes hépatiques
a. échographie hépatique. Formation arrondie hyperéchogène (flèche pleine), avec renforcement postérieur (flèches pointillées) ; **b.** IRM hépatique, coupe axiale, séquence T2 avec saturation de la graisse : formation arrondie bien limitée en hypersignal franc (flèche) ; **c.** IRM hépatique, coupe axiale, séquence T1 sans injection de produit de contraste et avec saturation de la graisse (même patient que b) : la formation apparaît en hyposignal ; **d.** et **e.** IRM hépatique, coupe axiale, séquence T1 après injection de produit de contraste, avec saturation de la graisse, au temps artériel et portal (même patient que b et c) : prise de contraste périphérique « en motte » avec remplissage progressif de la formation.

- **Modalités**
  - **Échographie hépatique** : l'examen **suffit dans les cas typiques**, et en l'absence de contexte oncologique.
  - **TDM hépatique** *(protocole décrit page 283)* : elle est utilisée pour les **cas atypiques** en échographie, cependant l'IRM doit lui être préférée, sauf contre-indication.
  - **IRM hépatique** *(protocole décrit page 283)* : elle est utilisée pour les **cas atypiques** en échographie, et/ou dans un contexte oncologique.

Signes positifs

- Lésion **hyperechogène** avec **renforcement postérieur**, **homogène**, **bien limitée**, sans collerette périphérique (échographie).
- Lésion **hypodense** (TDM), en **hypersignal T2 intense** (IRM) de **rehaussement périphérique centrifuge discontinu** (« en motte »), **progressif** sur les différents temps d'injection de produit de contraste correspondant au remplissage des capillaires dilatés (TDM et IRM). La densité (ou le signal) du remplissage de l'hémangiome est identique à celle de l'aorte à tous les temps.

Hyperplasie nodulaire focale (HNF)

Anatomopathologie et épidémiologie

C'est une tumeur hépatocytaire, formée par une **prolifération d'hépatocytes normaux** séparés par des **septa fibreux** contenant des **artères** (pas d'apport portal). Ces septa fibreux centraux sont souvent appelés « **cicatrice centrale** ».
Cette tumeur est plus souvent unique que multiple.
La prévalence est **plus rare** que l'hémangiome (0,03 % de la population). Elle est huit à neuf fois plus fréquente chez la femme.
Les complications sont **exceptionnelles** (hémorragie) et il n'y a pas de dégénérescence maligne.

Imagerie

La découverte est en général **fortuite** car l'HNF est asymptomatique. **L'imagerie suffit à faire le diagnostic** dans les cas typiques. La biopsie est réservée aux cas litigieux.

Modalités

- **Échographie hépatique** : elle fait parfois **suspecter le diagnostic** sur des lésions de découverte fortuite. Elle est en général insuffisante pour porter le diagnostic positif.
- **TDM hépatique** *(protocole décrit page 283)* : elle est réservée aux **contre-indications de l'IRM**.
- **IRM hépatique** *(protocole décrit page 283)* : c'est l'examen **indiqué pour le diagnostic positif**.

Signes positifs

- **Échographie** : lésion iso- ou hypo-échogène, **peu contrastée** par rapport au parenchyme adjacent, avec parfois visibilité de **l'artère centrale** en doppler.
- TDM et IRM : lésion iso- ou hypodense (TDM), en iso- ou hypersignal T2 modéré avec **élément central en hypersignal T2** franc (IRM), **rehaussement artériel précoce**, avec **remplissage tardif** des septa fibreux. **Absence de capsule** (IRM).

> **Pour aller plus loin**
>
> ***Échographie de contraste***
>
> L'échographie avec injection de produit de contraste ultrasonore peut également être employée pour caractériser hémangiomes et HNF. Les caractéristiques cinétiques sont les mêmes que celles décrites pour la TDM et l'IRM, avec l'avantage d'une résolution temporelle bien meilleure, puisque le rehaussement est vu en temps réel.

Il s'agit d'une lésion :

- homogène ;
- hypervasculaire ;
- lobulée, sans capsule ;
- avec une cicatrice centrale ;
- avec une artère centrale.

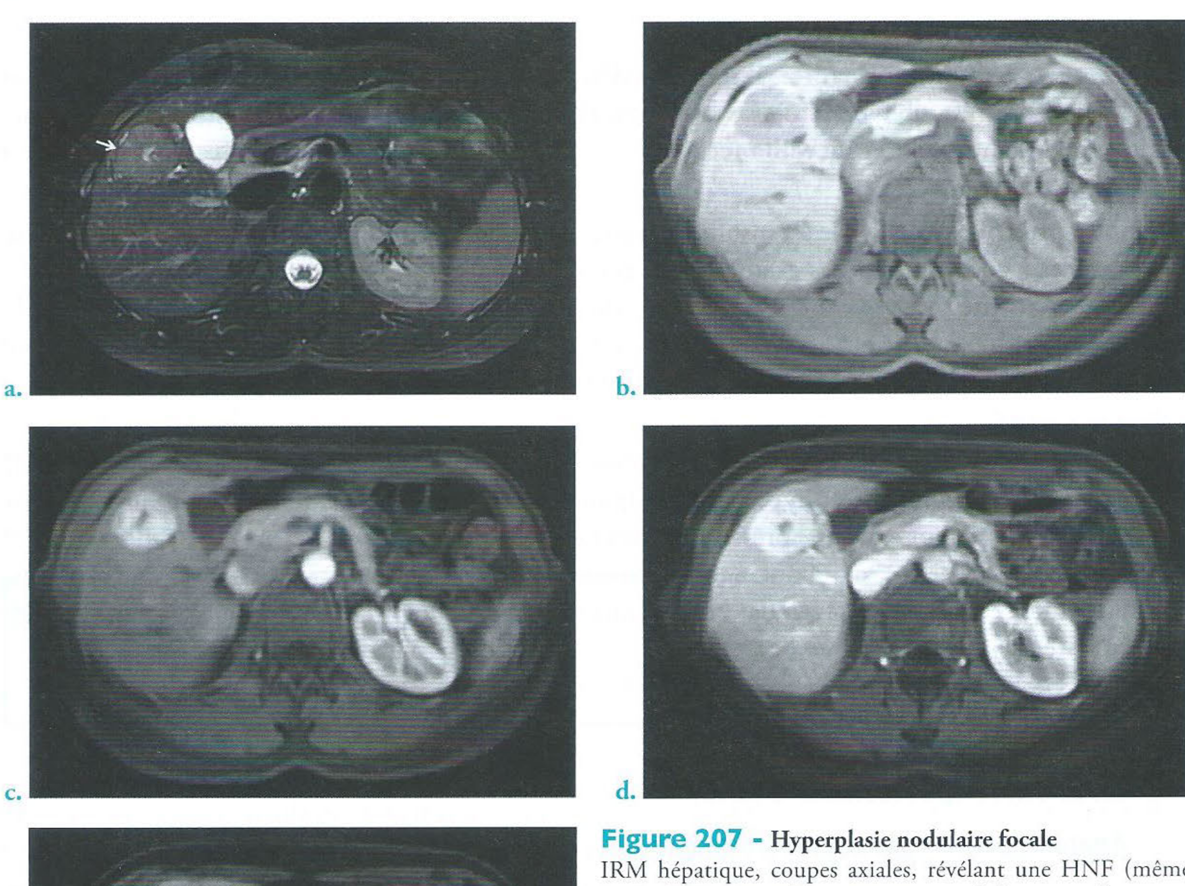


Figure 207 - Hyperplasie nodulaire focale
IRM hépatique, coupes axiales, révélant une HNF (même patient) **a.** séquence T2 avec saturation de la graisse : formation en discret hypersignal (flèche), avec élément central en hypersignal franc, absence de capsule ; **b.** séquence T1 sans injection de produit de contraste et avec saturation de la graisse : la formation apparaît en hyposignal ; **c.** séquence T1 avec injection de produit de contraste et saturation de la graisse, temps artériel : rehaussement intense de la lésion, hormis la cicatrice centrale ; **d.** séquence T1 avec injection de produit de contraste et saturation de la graisse, temps portal : persistance du rehaussement de la lésion ; **e.** séquence T1 avec injection de produit de contraste et saturation de la graisse, temps tardif à 3 minutes : diminution du rehaussement de la lésion (« lavage »), tandis que la cicatrice centrale se rehausse discrètement.

Adénome

Anatomopathologie et épidémiologie

C'est une tumeur hépatocytaire, formée par une **prolifération d'hépatocytes normaux**, **disposés en travées** plus ou moins régulières, dont la vascularisation est habituellement **artérielle**.
On identifie actuellement **plusieurs types d'adénome hépatique** en fonction de leurs caractéristiques génétiques. Les aspects en imagerie diffèrent également selon les types.
La prévalence est **faible** comparativement aux autres tumeurs bénignes (moins de 0,001 % de la population). Il est plus fréquent chez la femme (*sex-ratio* de 4 pour 1).
Les complications sont **rares**, mais incluent la **dégénérescence maligne**, en plus de l'hémorragie et de la nécrose.

Imagerie

La découverte est souvent **fortuite**. Il n'y a **pas d'aspect typique** de l'adénome en imagerie, comme pour l'hémangiome ou l'hyperplasie nodulaire focale. Le diagnostic est souvent **histologique**. L'imagerie permet d'autre part la **surveillance**.

- **Modalités**
  - **Échographie hépatique** : elle est insuffisante pour porter le diagnostic, elle révèle parfois des lésions évocatrices d'adénome sur des examens faits pour d'autres raisons.
  - **TDM hépatique** *(protocole décrit page 283)* : elle est réalisée en cas de contre-indication à l'IRM.
  - **IRM hépatique** *(protocole décrit page 283)* : c'est l'examen le plus contributif. Des séquences *phase in-phase out* sont réalisées pour rechercher un contenu graisseux.
- **Signes positifs**
  - Lésion d'**échogénicité variable**, parfois hétérogène (échographie), **iso- ou hypodense** (TDM), en **hyper- ou isosignal T1** et **hyper- ou isosignal T2** modéré (IRM), à **rehaussement intense au temps artériel** le plus souvent, présentant parfois une capsule.
  - Présence dans certains cas un **contingent graisseux**, révélé par un hypersignal T1 et une chute du signal sur les séquences *phase out* par rapport aux séquences *phase in*, et/ou un **contingent hémorragique** (en hypersignal T1 et T2).

2.2.2 Tumeurs malignes du foie

Carcinome hépatocellulaire (CHC)

Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit d'une tumeur hépatocytaire, **la plus fréquente des tumeurs malignes primitives du foie** (septième cause de cancer solide chez l'homme). Elle survient dans environ 90 % des cas sur une **cirrhose préalable** (d'origine éthylique, virale C ou B, stéatosique). Les hommes sont trois à quatre fois plus atteints que les femmes.

L'extension du CHC se fait **localement** vers les **vaisseaux portes** et plus rarement dans les voies biliaires. L'extension **ganglionnaire** intéresse en premier le **hile hépatique** et les relais **cœlio-mésentériques**. Les **lésions secondaires** sont principalement **pulmonaires**.

Imagerie

Elle a un double rôle : un rôle de **dépistage** (échographie) et de **diagnostic positif** du CHC chez les patients cirrhotiques. Elle fait également le **bilan d'extension**, la recherche des **complications** et effectue la **surveillance** des patients traités. Enfin, elle permet de **guider un prélèvement histologique**, si besoin.

Modalités

- **Échographie hépatique** : elle est utilisée dans le **dépistage** chez les patients porteurs d'une cirrhose et pour la recherche de complication (extension portale). Elle peut guider une biopsie.
- **TDM hépatique** *(protocole décrit page 283)* : elle **participe au diagnostic positif** et au bilan préthérapeutique.
- **TDM thoracique** : elle est indiquée pour le **bilan d'extension**.
- **IRM hépatique** *(protocole décrit page page 283)* : c'est l'**examen de choix**, utilisé dans la caractérisation et la surveillance post-thérapeutique. Sa sensibilité est meilleure que celle de la TDM.

Signes positifs

- Lésion **nodulaire** ou **infiltrante**, **unique** ou **multiple**, hypo- ou iso-échogène (échographie), hypodense (TDM), en signal T1 et T2 variable (IRM), à **rehaussement artériel intense** et **lavage** portal.
- Présence inconstante d'une **capsule** prenant le contraste.

Signes associés

Signes d'**hépatopathie chronique** : foie dysmorphique et hypertension portale *(voir « Cirrhose », page 277)* retrouvés dans environ 90 % des cas.

Extension

- **Extension portale** : envahissement tumoral intravasculaire au contact de la lésion, **se rehaussant au temps artériel**, élargissant la veine.
- **Extension ganglionnaire** : adénopathies du **hile hépatique**, **cœliomésentériques**, de l'angle **cardiophrénique droit..**
- **Extension à distance** : essentiellement **nodules pulmonaires**.

IMPORTANT
Envahissement portal du CHC

L'association d'une lésion hépatique focale à un envahissement portal est très évocatrice du diagnostic de CHC.

Complications

Hématome sous-capsulaire et hémopéritoine : épanchement sous-capsulaire du foie ou intrapéritonéal, d'**échogénicité variable** (échographie), **spontanément hyperdense** (TDM).

Creusons le sujet
Autres tumeurs malignes primitives du foie

Le cholangiocarcinome intrahépatique, développé à partir de l'épithélium biliaire, est la 2e tumeur maligne primitive du foie en fréquence, loin derrière le CHC. La cholangio-IRM est incontournable dans le bilan préopératoire.

Les autres tumeurs sont encore plus rares :
- hépatoblastome (chez l'enfant) ;
- carcinome fibrolamellaire ;
- angiosarcome, etc.

IMPORTANT
Critères de Barcelone

Les critères de Barcelone permettent de poser le diagnostic de CHC chez le patient cirrhotique sans recourir à la biopsie. Chez un patient non cirrhotique, ou en cas de lésion atypique (par exemple non hypervasculaire), la biopsie devient nécessaire.

Critères de Barcelone

Lésion < 10 mm	Lésion ≥ 10 mm
‣ Pas de caractérisation possible ‣ Nouvelle imagerie à 3 mois	Réalisation d'une TDM ou d'une IRM en 4 phases (images sans injection, aux temps artériel, portal et tardif après injection) : ‣ si aspect typique (lésion hypervascularisée au temps artériel avec lavage au temps portal) : diagnostic de CHC retenu ‣ si aspect non typique : réalisation d'un 2e examen (TDM ou IRM) • aspect typique sur cet examen : diagnostic de CHC retenu • aspect atypique : biopsie

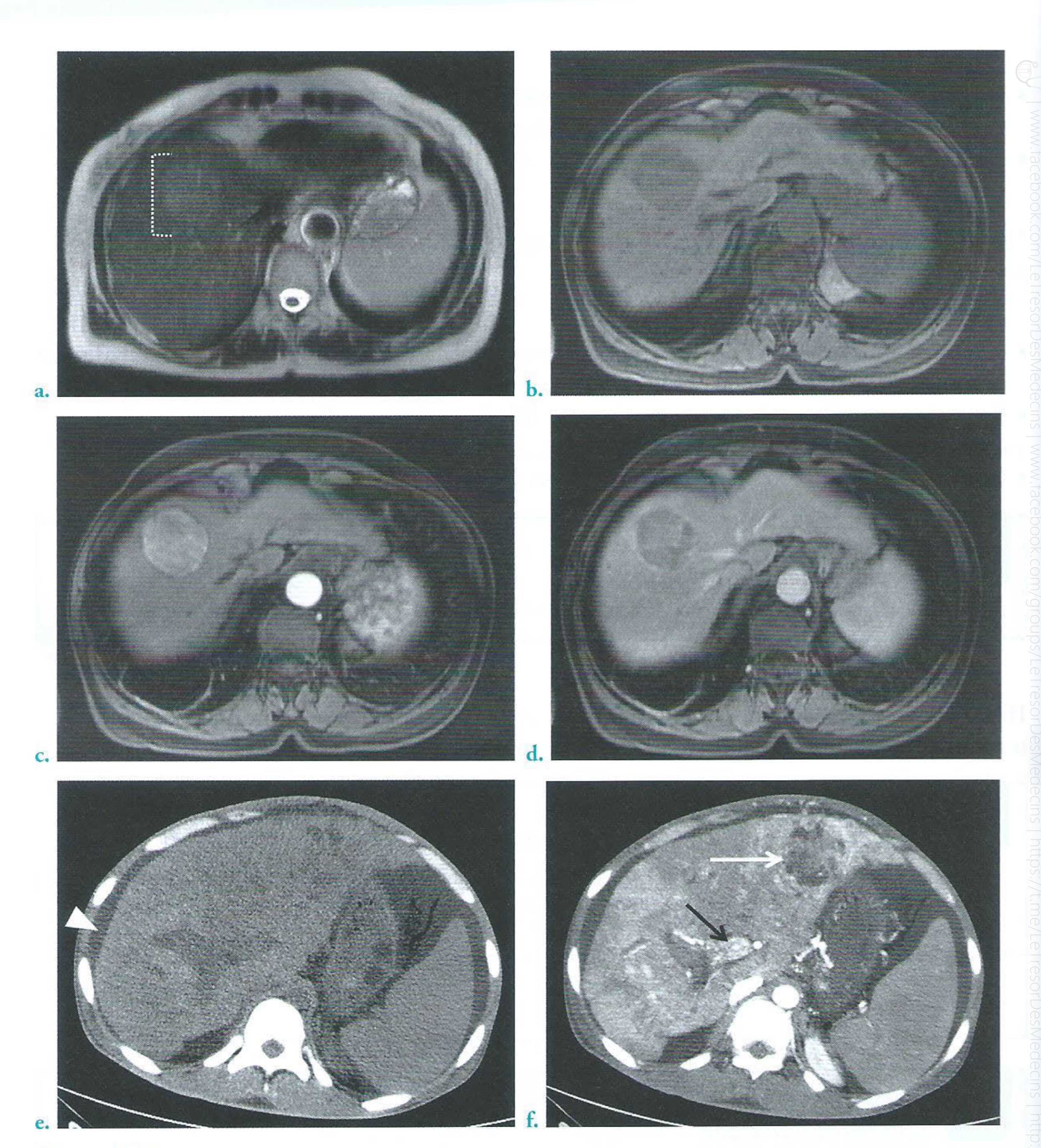


Figure 208 - Carcinome hépatocellulaire (CHC)

a. b. c. et **d.** IRM hépatique, coupes axiales (même patient) ; **a.** séquence T2. Lésion arrondie, faiblement contrastée (faible hypersignal T2) du dôme hépatique (accolade) ; **b.** séquence T1 sans injection de produit de contraste et avec saturation de la graisse. La lésion apparaît en hyposignal ; **c.** séquence T1 avec injection de produit de contraste et saturation de la graisse au temps artériel. Rehaussement diffus de la lésion ; **d.** séquence T1 avec injection de produit de contraste et saturation de la graisse au temps portal. Lavage du produit de contraste au sein de la lésion. Il s'agissait d'un CHC unique ; **e.** et **f.** TDM hépatique, coupes axiales (même patient) ; **e.** sans injection de produit de contraste. Parenchyme hépatique globalement hétérogène, de contours irréguliers, présence d'ascite (tête de flèche) et d'une splénomégalie ; **f.** après injection de produit de contraste au temps artériel. Rehaussement globalement hétérogène, avec mise en évidence d'une lésion arrondie du foie gauche (flèche blanche), prenant le contraste en périphérie. Branche portale droite (flèche noire) augmentée de calibre, se rehaussant au temps artériel. Il s'agissait d'un CHC multifocal avec envahissement portal.

Lésions hépatiques secondaires

Anatomopathologie et épidémiologie

Ce sont des tumeurs liées au **développement intra-hépatique** de cellules tumorales provenant d'un **cancer primitif disséminé**.

Elles sont **largement plus fréquentes** que les tumeurs primitives, même si leur incidence précise est difficile à évaluer. C'est le **premier site métastatique**, tous cancers confondus.

Les néoplasies le plus souvent à l'origine des métastases hépatiques sont :
- les cancers du **tractus digestif** (côlon, pancréas, estomac...) ;
- les cancers du **sein** ;
- les cancers du **poumon**.

Plus rarement sont retrouvés des cancers **rénaux** et des **mélanomes**. Dans environ 10 % des cas, la tumeur primitive n'est pas identifiée.

Il faut retenir que les tumeurs du tractus digestifs sont les plus fréquemment retrouvées, en raison de **leur drainage veineux portal**, qui rejoint la vascularisation systémique via un **passage transhépatique**. Les autres tumeurs sont responsables du développement de métastases hépatiques via la circulation systémique, par voie lymphatique ou très rarement par contiguïté.

Imagerie

Elle fait le **diagnostic** (au cours d'un bilan d'extension ou d'un suivi oncologique) et la **surveillance** (pendant et après traitement) des métastases hépatiques. La découverte de métastases hépatiques est aussi parfois le **mode de révélation** de la maladie tumorale primitive. Elle permet la réalisation de **biopsies guidées** si besoin.

Modalités

- **Échographie hépatique** : fréquemment utilisée dans la **surveillance** des patients traités pour un cancer, elle **guide** également des **prélèvements** biopsiques.
- **TDM hépatique** avec injection de produit de contraste : elle est utilisée pour le bilan d'extension et la **surveillance** d'un cancer.
- **IRM hépatique** avec injection de produit de contraste : elle est réalisée **en seconde intention** pour sa sensibilité et ses meilleures performances de caractérisation (diagnostic différentiel avec une tumeur bénigne) en cas de doute diagnostique sur les autres examens d'imagerie.

Signes positifs

- **Caractéristiques** des métastases **variables** en fonction du type histologique du cancer d'origine, **se modifiant** souvent **sous traitement** par chimiothérapie.
- **Prise de contraste variable** mais non nulle (les métastases d'origine endocrine, rénale, thyroïdienne ou provenant d'un mélanome étant classiquement hypervasculaires).
- Le **diagnostic** est souvent **facile** dans un contexte néoplasique connu, surtout en cas de lésions multiples. **En cas de lésion unique** ne présentant pas toutes les caractéristiques typiques d'une lésion bénigne (hémangiome, hyperplasie nodulaire focale), même en dehors d'un contexte néoplasique, **le diagnostic devra être suspecté**. Une biopsie est parfois nécessaire.

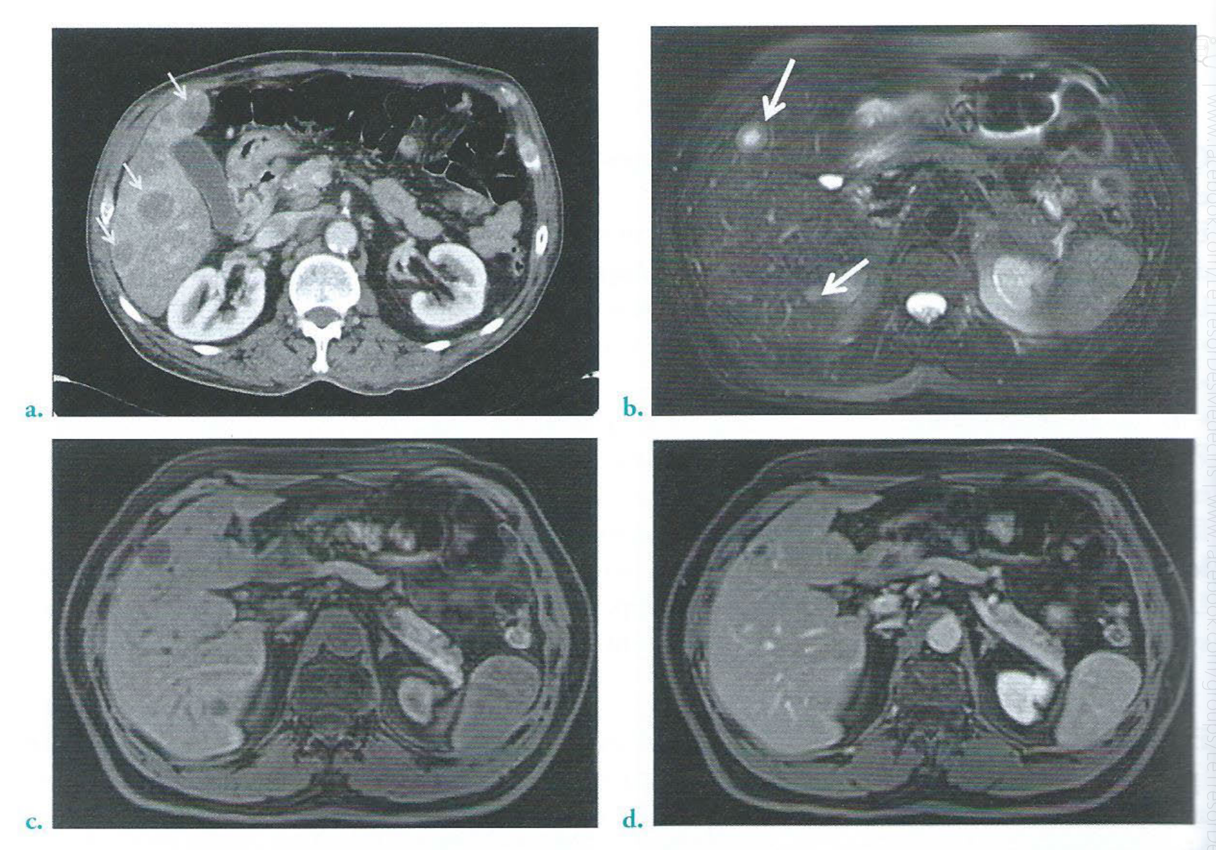


Figure 209 - Lésions secondaires hépatiques

a. TDM hépatique avec injection de produit de contraste, coupe axiale. Parenchyme hépatique multinodulaire. Les 3 lésions les plus volumineuses sont fléchées, elles apparaissent hypodenses avec une prise de contraste périphérique. Métastases hépatiques d'un cancer colique connu ; **b. c.** et **d.** IRM hépatique en coupe axiale (même patient) ; **b.** séquence T2 avec saturation de la graisse. Deux lésions hépatiques focales (flèches), la plus volumineuse présentant un hypersignal central liquidien (centre nécrotique) et un hypersignal périphérique plus modéré. La lésion plus petite est homogène, en hypersignal modéré ; **c.** séquence T1 sans injection de produit de contraste avec saturation de la graisse. Les lésions apparaissent en hyposignal ; **d.** séquence T1 après injection de produit de contraste avec saturation de la graisse, temps portal. Prise de contraste périphérique des deux lésions. La plus petite des deux lésions devient difficile à voir. Métastases hépatiques d'un cancer mammaire.

Chapitre 11
Pathologie pancréatique

Item n° 267. Douleurs abdominales et lombaires aiguës chez l'enfant et chez l'adulte
Item n° 278. Pancréatite chronique
Item n° 305. Tumeurs du pancréas
Item n° 353. Pancréatite aiguë

1 Pancréatites

1.1 Pancréatite aiguë

1.1.1 Physiopathologie

C'est une **inflammation aiguë** du parenchyme pancréatique, conséquence de l'autodigestion enzymatique de la glande, dont les mécanismes sont variés.
Deux causes représentent chacune 40 % des étiologies de pancréatites aiguës en France :
- la **migration lithiasique** par l'obstruction des canaux pancréatiques ;
- l'**intoxication alcoolique**. Il s'agit alors fréquemment de poussée de pancréatite aiguë sur pancréatite chronique.

Par ailleurs, deux formes sont distinguées :
- la **pancréatite œdémateuse**, de bon pronostic, avec le plus souvent réparation *ad integrum* de la glande après l'épisode aigu ;
- la **pancréatite nécrotico-hémorragique**, associée à une forte mortalité.

Les complications sont à la fois **locales** (infection de la nécrose, thrombose veineuse…) et **générales** (défaillances viscérales).

1.1.2 Imagerie

Son rôle est **pronostique** et **étiologique**, mais non diagnostique (le diagnostic est clinique et biologique sur l'élévation de la lipase). Elle sert également à la **surveillance**.

Modalités

Échographie abdominale

Son intérêt est **étiologique**, elle permet la recherche de lithiase vésiculaire ou de la voie biliaire principale.

TDM abdomino-pelvienne

Sans et après injection de produit de contraste. Son rôle initial est **pronostique** mais aussi **étiologique** (lithiase notamment de la voie biliaire principale). Sauf signes de gravité immédiats, elle doit être réalisée entre 48 et 72 heures après le début des symptômes : réalisée trop tôt, elle sous-estime les lésions. Elle est utilisée ensuite pour le **suivi** et la recherche de **complications**.

Cholangio-IRM et écho-endoscopie

Ce sont des examens de **deuxième intention**, utiles pour le bilan étiologique (examens plus sensibles pour les lithiases de la voie biliaire principale que l'échographie et la TDM). L'écho-endoscopie permet dans le même temps une sphinctérotomie endoscopique si besoin.

Signes positifs

Ils sont décrits pour la **TDM** :

- **augmentation du volume du pancréas** (perte des lobulations physiologiques) ;
- **densification de la graisse péripancréatique** ;
- **nécrose pancréatique** : défaut de rehaussement d'un volume variable de parenchyme ;
- **collections péripancréatiques** : formations liquidiennes hypodenses atteignant préférentiellement l'arrière-cavité des épiploons, l'espace pararénal antérieur gauche.

Pour aller plus loin

Score de sévérité tomodensitométrique de Balthazar

Les signes sémiologiques sont résumés dans le score de sévérité tomodensitométrique ci-dessous. Ce score remplace l'ancien index de Balthazar qui ne tenait compte que de l'inflammation pancréatique. Plus le score est élevé, plus les complications et la mortalité sont importantes.
Lorsque la somme des cotations de l'inflammation et de la nécrose est inférieure à 3, la mortalité est inférieure à 5 %, tandis qu'un score de plus de 7 est associé à une mortalité de 20 %.

Inflammation pancréatique	Cotation	Nécrose pancréatique	Cotation
Pancréas normal (Balthazar A)	0	Pas de nécrose	0
Élargissement focal ou diffus du pancréas (B)	1	Moins de 30 % de la glande	2
Pancréas hétérogène avec densification de la graisse péripancréatique (C)	2	Entre 30 et 50 % de la glande	4
Présence d'une collection péripancréatique (D)	3	Supérieure à 50 % de la glande	6
Présence de deux (ou plus) collections péripancréatiques (E)	4		

Complications

Elles sont décrites pour la **TDM**.

Ascite

Épanchement liquidien hypodense péri-hépatique, dans les gouttières pariéto-coliques et dans le pelvis.

Épanchement pleural

Épanchement liquidien hypodense dans la plèvre.

Thrombose veineuse (veine splénique, tronc porte)

Augmentation du calibre de la veine, défaut de remplissage de la lumière avec thrombus central hypodense.

Pseudo-anévrysme (artère splénique)

Image d'addition accolée à l'artère, visible au temps artériel.

Hémorragie

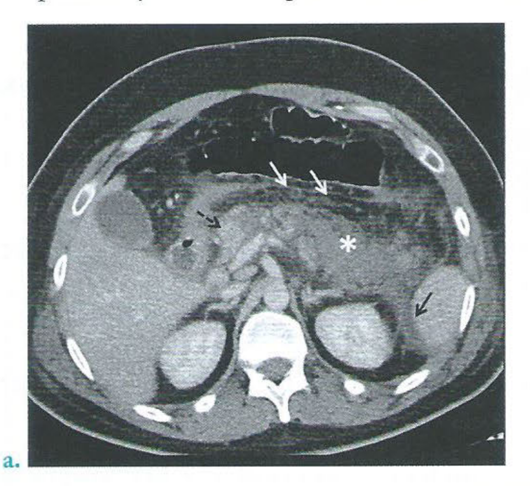
Hyperdensité spontanée au sein d'une collection.

Infection de nécrose

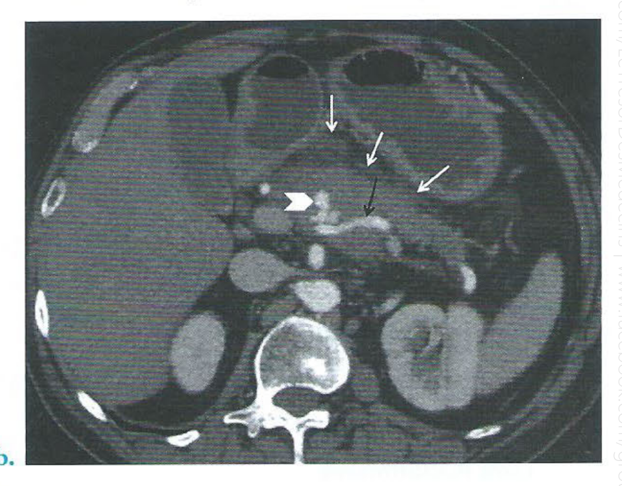
Suspectée sur la présence de clartés gazeuses au sein d'une collection non drainée.

Pseudokyste

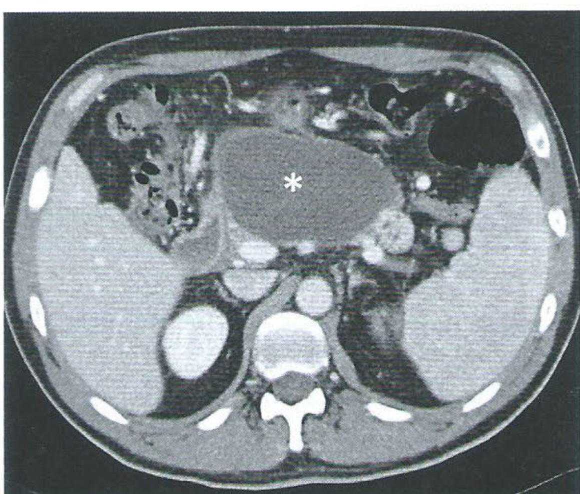
Organisation d'une coulée nécrotique sous forme d'une collection hypodense bien limitée (le terme de pseudokyste ne doit pas être utilisée avant quatre semaines depuis le début des signes)



a.



b.



c.

Figure 210 - Pancréatite aiguë et ses complications
TDM abdominales après injection de produit de contraste, en coupes axiales : **a.** perte des contours normaux du pancréas avec nécrose du corps et de la queue pancréatique (défaut de rehaussement signalé par l'astérisque, à comparer au rehaussement normal de la tête, flèche pointillée), densification de la graisse péripancréatique (flèches blanches) et épanchement dans l'espace pararénal antérieur gauche (flèche noire) : pancréatite aiguë nécrosante à J3 (score de sévérité au moins égal à 9) ; **b.** perte des contours normaux du pancréas avec densification de la graisse péripancréatique (flèches blanches). Pseudo-anévrysme (tête de flèche) de l'artère splénique (flèche noire) sous forme d'une image d'addition accolée à l'artère ; **c.** hypodensité centropancréatique (astérisque) bien limitée chez un patient aux antécédents de pancréatite aiguë deux mois plus tôt : pseudokyste pancréatique.

1.2 Pancréatite chronique

1.2.1 Physiopathologie

Elle résulte d'une **fibrose d'étendue variable** du pancréas, avec **destruction du parenchyme** exocrine puis endocrine, secondaire à des **phénomènes inflammatoires** aigus répétés et/ou chroniques.

On distingue souvent deux types de pancréatites chroniques :

- **calcifiante** : atteignant de façon hétérogène l'ensemble du parenchyme pancréatique, avec présence de bouchons protéiques intracanalaires susceptibles de se calcifier ;
- **obstructive** : en amont d'un obstacle tumoral ou cicatriciel sur le canal de Wirsung, avec atrophie parenchymateuse régulière en amont de l'obstacle, et pancréas normal en aval de l'obstacle (calcifications rares).

Dans 85 % des cas, l'étiologie est **l'intoxication alcoolique chronique** (pancréatite chronique calcifiante).
L'évolution de la pancréatite chronique est typiquement décrite en deux phases. La première décennie

est marquée par des **poussées de pancréatite aiguë** et la **formation de pseudokystes**. Les symptomes de la deuxième phase sont la conséquence de l'**insuffisance pancréatique** endocrine (diabète) et exocrine (stéatorrhée).
D'autres complications comme les **sténoses biliaire** et **digestive**, les **épanchements** des séreuses, ou les **hémorragies digestives** peuvent émailler l'évolution de la maladie.

1.2.2 Imagerie

Elle participe au **diagnostic positif** en corrélation avec les signes cliniques et détecte certaines **complications**.

Modalités

ASP

Son seul intérêt est la recherche de calcifications dans l'aire pancréatique (à hauteur de L1 à L3), avec une **faible sensibilité**, notamment en début d'évolution.

Échographie abdominale

L'examen **manque de sensibilité**, l'analyse du pancréas pouvant être gênée par une obésité ou par des interpositions digestives.

TDM abdominale

Réalisée sans et avec injection de produit de contraste, c'est un **examen sensible** pour le **diagnostic positif** et la recherche de **complications**, faisant partie du bilan de première intention.

IRM pancréatique, réalisée avec une séquence de wirsungo-IRM

Examen de deuxième intention, elle permet l'étude du parenchyme et surtout des canaux pancréatiques avec une **meilleure précision** que la TDM.

Signes positifs

- **Calcifications pancréatiques** : formations **spontanément hyperdenses** du parenchyme pancréatiques (TDM) ou en regard de l'aire pancréatique (ASP).
- **Hétérogénéité du parenchyme** pancréatique, avec **déformation des contours**, **augmentation de volume** ou au contraire **atrophie**.
- **Dilatation irrégulière** du canal de Wirsung.

Complications

Pseudokystes

Collection liquidienne organisée, intra- ou extrapancréatique, sans paroi propre.

Dilatation des voies biliaires intra- et/ou extra-hépatiques

Par **compression de la voie biliaire principale** secondaire à la fibrose pancréatique et/ou à des pseudo-kystes.

Hypertension portale segmentaire

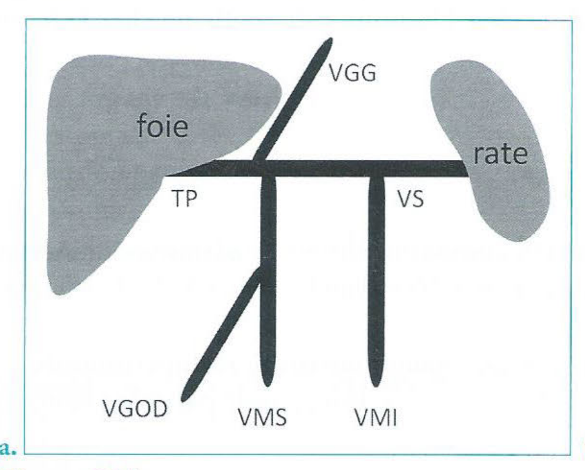
Splénomégalie (convexité du bord interne de la rate), **dérivations portoportales** (dilatations veineuses reliant deux points du système porte en shuntant la veine splénique).

Épanchement des séreuses

Épanchement péritonéal, pleural.

Creusons le sujet
Hypertension portale segmentaire

Elle est secondaire à un obstacle veineux portal pré-hépatique (sur la veine splénique : thrombose cruorique, compression extrinsèque par des pseudo-kystes, tumeur... ou sur la veine mésentérique supérieure). Afin de contourner l'obstacle, des réseaux veineux vont se créer en court circuitant la veine concernée.



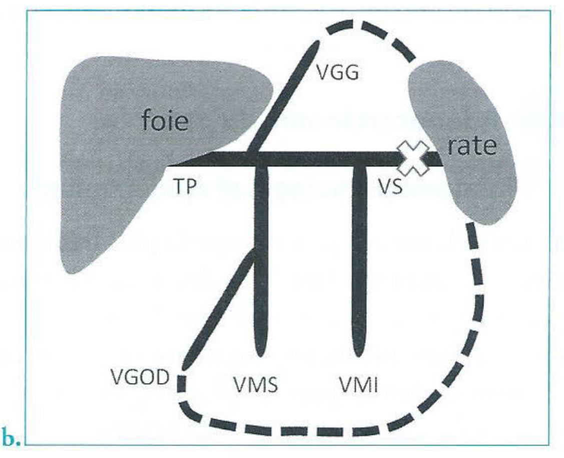
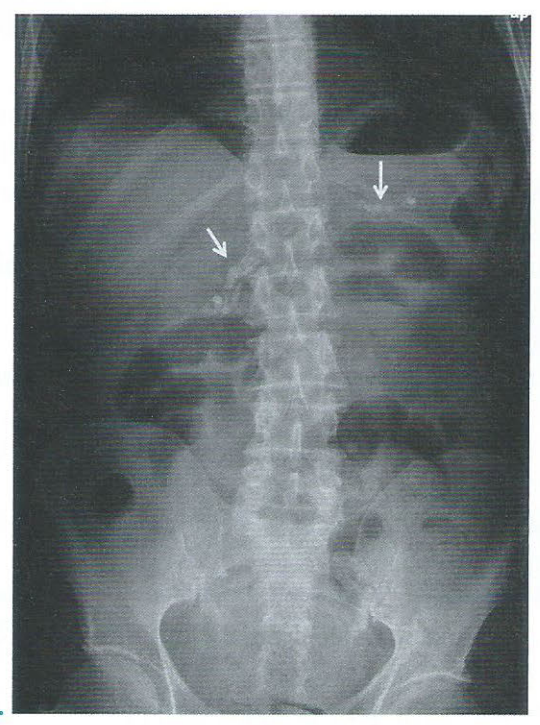


Figure 211 - Hypertension portale segmentaire
TP = tronc porte ; VS = veine splénique ; VMS = veine mésentérique supérieure ; VMI = veine mésentérique inférieure ; VGG = veine gastrique gauche ; VGOD = veine gastro-omentale droite :
a. schématisation du système porte fonctionnant normalement (volontairement simplifié) ; **b.** obstacle sur la veine splénique (croix). Voies de dérivation portoportales via les veines gastrique gauche (petite courbure gastrique) et gastro-omentale droite (grande courbure gastrique).



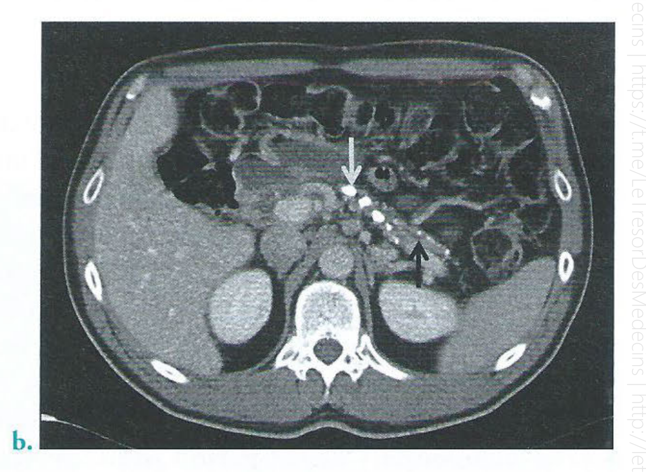


Figure 212 - Pancréatites chroniques
a. ASP debout de face. Calcifications en regard de l'aire pancréatique (flèches) ; **b.** TDM abdominale avec injection de produit de contraste en coupe axiale (autre patient). Calcifications pancréatiques sous formes d'hyperdensités bien limitées (flèche blanche) et dilatation du canal de Wirsung (flèche noire) au sein d'un parenchyme pancréatique atrophique.

2 Pathologie tumorale

2.1 Tumeurs pancréatiques solides

Le cancer du pancréas est le **huitième cancer solide chez l'homme** et **le septième chez la femme** en terme d'incidence. Le *sex-ratio* est proche de 1.

2.1.1 Adénocarcinome du pancréas

Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit de la tumeur pancréatique **la plus fréquente**. Histologiquement, c'est un **adénocarcinome canalaire** se développant dans 70 % des cas dans la tête du pancréas, 20 % dans le corps et 10 % dans la queue. L'âge moyen de découverte est de 55 ans.
Son extension **locale** est **vasculaire** (artérielle et veineuse), **ganglionnaire** et **rétropéritonéale.**
Les **sites métastatiques** les plus fréquents sont en premier lieu le **foie**, puis le **péritoine** (carcinose péritonéale), les **poumons** et le **cerveau.**

Imagerie

Le but de l'imagerie est triple : **diagnostic positif**, **bilan d'extension** métastatique, **bilan de résécabilité** (extension locorégionale) artériel, veineux et ganglionnaire en vue d'un traitement curatif (en l'absence de métastases). Un prélèvement histologique ne sera en général réalisé que si les patients ne sont pas opérables d'emblée. Dans les autres cas, l'anatomopathologie sera souvent obtenue au décours de la chirurgie.

Modalités

- **Échographie abdominale** : c'est l'examen réalisé en **première intention** devant un ictère. Elle a une meilleure sensibilité pour le diagnostic positif d'une tumeur céphalique que corporéo-caudale. Elle révèle aussi les signes indirects d'une localisation céphalique (distension vésiculaire, dilatation des voies biliaires et du canal de Wirsung) et des signes d'extension (métastases hépatiques, ascite…).
- **TDM abdominale** : sans et avec injection de produit de contraste. Elle fait partie du **bilan initial**, à visée diagnostique (sensibilité supérieure à 90 %), pour le bilan d'extension et de résécabilité.
- **TDM thoracique** : elle fait partie du **bilan d'extension.**
- **IRM pancréatique** réalisée avec une séquence de Wirsungo-IRM : examen de **deuxième intention**, elle permet de préciser l'extension locale et la résécabilité.
- **Écho-endoscopie** : elle est **parfois utilisée** en cas de tumeur de petite taille, pour le bilan de la résécabilité et pour la réalisation de prélèvements histologiques.
- **Cholangiopancréatographie rétrograde par voie endoscopique** : elle est surtout réalisée pour la **pose d'une endoprothèse biliaire** (traitement symptomatique).
- **TEP-TDM au 18-FDG** : son indication **discutée au cas par cas** pour le bilan d'extension métastatique. Elle est d'un grand apport diagnostique pour différencier pancréatite chronique d'aspect pseudo-tumoral et tumeur vraie.
- **Scintigraphie osseuse**, **TDM cérébrale** : elles sont réalisées sur point d'appel clinique.

Signes positifs

Masse **hypo-échogène** (échographie), **hypodense** (TDM), présentant un **faible rehaussement** après injection de produit de contraste (TDM).

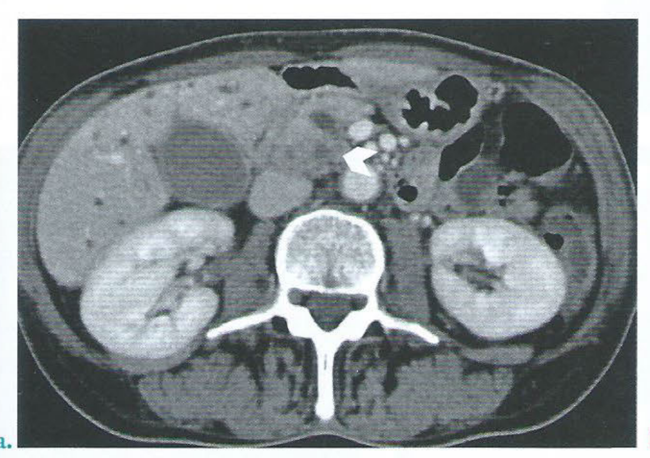
La masse pouvant également être isodense en TDM, l'importance des signes indirects : **dilatation des voies biliaires** si tumeur céphalique, **dilatation des canaux pancréatiques** en amont de la tumeur.

Extension

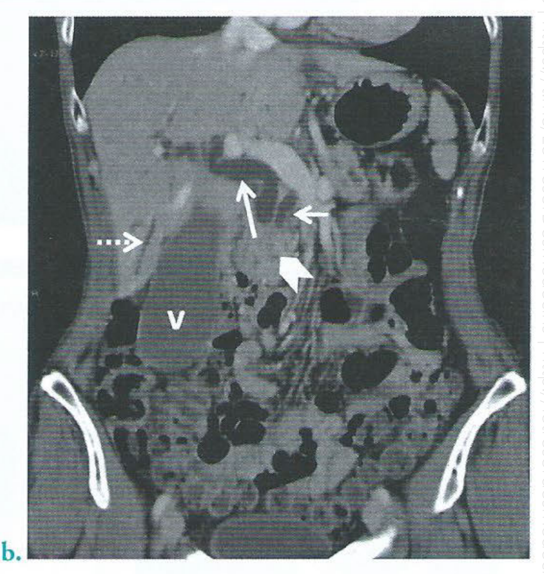
- **Extension locorégionale** :
  - **vasculaire** : **artérielle** (artère hépatique, artère mésentérique supérieure, tronc cœliaque) et **veineuse** (veine porte, veine mésentérique supérieure) : processus tumoral venant englober le vaisseau, responsable d'une sténose, d'une thrombose ou d'une occlusion ;
  - **aux organes de voisinage** : processus tumoral venant au contact du **duodénum**, de la **rate**, de l'**estomac**.
- **Extension ganglionnaire** : adénopathies **pancréatico-duodénales**, **spléniques**, du **hile hépatique**, **cœliaques**.
- **Extension à distance** : **nodules** ou **masses hépatiques, lésions osseuses** lytiques, **carcinose péritonéale** (suspectée devant la présence d'une ascite associée à des nodules péritonéaux).

Classification TNM (2009)

Tumeur (T)	T1 : tumeur limitée au pancréas < ou égale à 2 cm dans son plus grand diamètre
	T2 : tumeur limitée au pancréas > à 2 cm dans son plus grand diamètre
	T3 : tumeur s'étendant au-delà du pancréas mais sans envahir le tronc cœliaque ni l'artère mésentérique supérieure
	T4 : tumeur étendue au tronc cœliaque ou à l'artère mésentérique supérieure (tumeur primitive non résécable).
Ganglions (N)	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale
	N1 : métastase(s) ganglionnaire(s) régionale(s)
Métastases viscérales (M)	M0 : pas de métastase
	M1 : présence de métastase(s) à distance



a.



b.

Figure 213 - Adénocarcinome du pancréas
TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste révélant un adénocarcinome pancréatique céphalique : **a.** coupe axiale. Formation discrètement hypodense de la tête du pancréas (tête de flèche) ; **b.** reconstruction coronale (même patient que **a.** On retrouve la même formation hypodense de la tête pancréatique (tête de flèche), associée à une dilatation de la voie biliaire principale (flèche pleine blanche), des voies biliaires intra-hépatiques (exemple : flèche pointillée) et à une distension vésiculaire (« v »). Le canal de Wirsung est également dilaté (flèche blanche orientée vers la gauche).

2.1.2 Tumeurs endocrines du pancréas

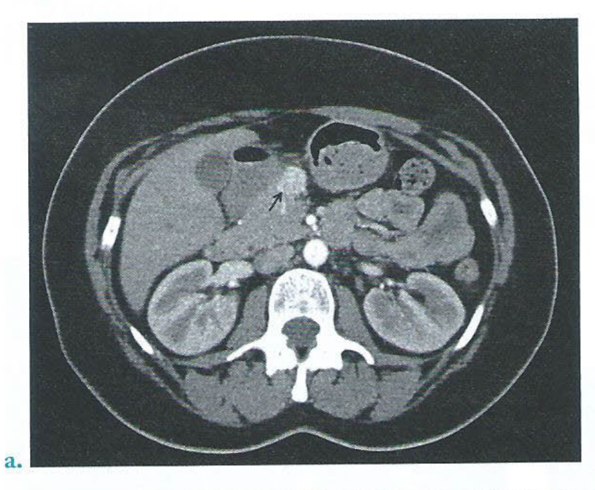
Anatomopathologie et épidémiologie

Les tumeurs endocrines sont constituées d'une **prolifération de cellules d'origine endodermique.** Le terme de « tumeur endocrine » doit être préféré à celui de tumeur « neuro-endocrine » ou « tumeur carcinoïde ». Leur localisation est **variable.** La localisation pancréatique en est **une des plus fréquentes,** mais reste une **tumeur pancréatique rare.**

Elle est le plus souvent sporadique mais parfois associée à une **néoplasie endocrinienne multiple.**
On distingue les tumeurs **sécrétantes** et **non sécrétantes.**

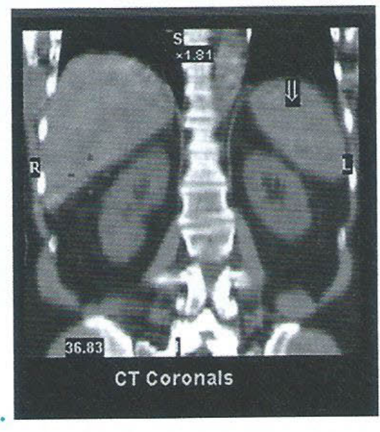
	Tumeurs sécrétantes	Tumeurs non sécrétantes
Circonstances de découverte	Syndrome sécrétant variable en fonction du type histologique : ‣ hypoglycémie : insulinome ‣ syndrome ulcéreux : gastrinome ‣ diabète, érythème : glucagonome ‣ diarrhée : somatostatinome, VIPome, gastrinome	‣ Syndrome tumoral : douleur, métastases (essentiellement hépatique) ‣ Découverte fortuite ou dans un bilan de néoplasie endocrinienne multiple

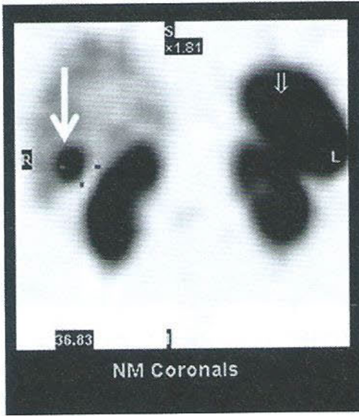
La tumeur endocrine du pancréas la plus fréquente est l'**insulinome.**
Le premier site **métastatique** est **hépatique.** Des **métastases osseuses** sont également possibles.

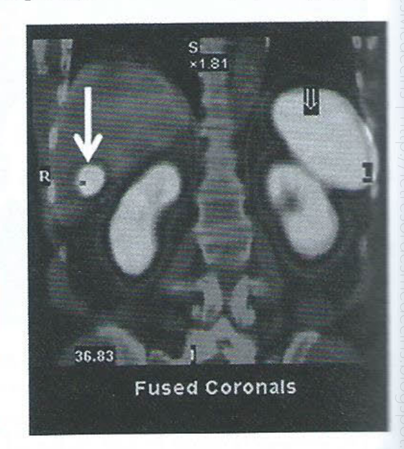


a.

Figure 214 - Tumeurs endocrines du pancréas
a. TDM abdominale après injection de produit de contraste au temps artériel, coupe axiale. Nodule du corps pancréatique (flèche), non visible avant injection, se rehaussant de façon complète au temps artériel ; **b.** Scintigraphie à l'OctréoScan®, reconstructions coronales. À gauche, image de TDM. Au milieu, image scintigraphique. À droite, image fusionnée (TDM + scintigraphie). Nodule hépatique hyperfixant (flèche) : lésion secondaire d'une tumeur endocrine du pancréas (la fixation splénique et rénale est physiologique).







b.

Imagerie

Elle pose le **diagnostic de lésion pancréatique** et fait le **bilan de résécabilité** et d'**extension.**
La nature endocrine de la lésion pancréatique sera suspectée sur un **faisceau de critères** morphologiques (tumeur de grande taille, prenant le contraste au temps artériel...) et non morphologiques (contexte de néoplasie endocrinienne multiple, dosages biologiques...).

Modalités

Scintigraphie à l'OctréoScan® : indiquée pour le diagnostic différentiel avec une tumeur non endocrine, et pour le bilan d'extension.
Les autres modalités d'imagerie sont identiques à celles de l'adénocarcinome.

Signes positifs

- Lésion pancréatique **iso- ou hypodense** (TDM), **hyperfixante** (octréoscan) avec typiquement une **prise de contraste intense au temps artériel.**
- Lésion parfois de **grande taille** (contrastant avec un état général conservé).
- **Absence de dilatation canalaire.**

Extension

- **Extension ganglionnaire** locale ou régionale *(voir page 298 « Adénocarcinome du pancréas »).*
- **Extension à distance** : **métastases hépatiques** présentant typiquement une prise de contraste artérielle intense, similaire à celle de la tumeur primitive.

2.2 Tumeurs pancréatiques kystiques

Les lésions kystiques du pancréas sont **dominées** à 80 ou 90 %, **par les pseudo-kystes.**
Les autres lésions sont **tumorales** et résumées pour les plus fréquentes dans le tableau ci-dessous.
Les modalités d'imagerie sont identiques à celles développées pour les tumeurs solides du pancréas.
Des caractéristiques d'imagerie typique sont suffisantes pour poser le diagnostic.
La **TDM** sans et avec injection de produit de contraste permet souvent des réunir ces critères diagnostiques.
L'**IRM** avec séquences de **wirsungo-IRM**, qui permet notamment d'analyser les rapports du ou des kystes avec les canaux pancréatiques est utile en cas difficulté diagnostique.

Lésions tumorales pancréatiques kystiques

	Cystadénome séreux	Cystadénome mucineux	Tumeur intracanalaire papillaire et mucineuse du pancréas
Anatomopathologie	▸ Multiples kystes de petite taille formé d'un épithélium unistratifié de cellules cubiques ▸ Pas de communication avec les canaux pancréatiques	▸ Macrokyste uniloculaire formé d'un épithélium cylindrique mucosécrétant ▸ Pas de communication avec les canaux pancréatiques	▸ Épithélium canalaire sécrétant de la mucine, aboutissant à une dilatation des canaux pancréatiques ▸ Atteint le canal pancréatique principal et/ou les canaux secondaires
Sex-ratio	Large prédominance féminine	Large prédominance féminine	Équilibré
Découverte	Fortuite	Fortuite	Fortuite ou sur une pancréatite aiguë secondaire à l'obstruction canalaire par le mucus

	Cystadénome séreux	Cystadénome mucineux	Tumeur intracanalaire papillaire et mucineuse du pancréas
Évolution	Tumeur bénigne sans risque de dégénérescence maligne	Tumeur bénigne avec risque de dégénérescence en cystadénocarcinome mucineux (malin)	Risque de dégénérescence maligne en adénocarcinome en cas d'atteinte du canal pancréatique principal
Association	Maladie de Von Hippel-Lindau	Non	Non
Aspect typique en imagerie	‣ Plusieurs formations kystiques de moins de 2 cm regroupées autour d'une cicatrice centrale souvent calcifiée ‣ Pas de communication avec les canaux pancréatiques	‣ Lésion kystique contenant des septa rehaussés après injection, formant plusieurs loges en général de plus de 2 cm ‣ Présence parfois de nodules muraux ‣ Pas de communication avec les canaux pancréatiques	‣ Dilatation globale ou segmentaire du canal de Wirsung ‣ Formations kystiques ovalaires communicant avec les voies biliaires correspondant aux canaux secondaires dilatés

a. b. c. d.

Figure 215 – Tumeurs kystiques du pancréas

a. et **b.** IRM pancréatique en coupe axiale **a.** séquence T1 avec saturation de la graisse. Lésion aux contours polycycliques, hypointense de la jonction tête-corps du pancréas (flèche) ; **b.** séquence T2 (même patient que a). La lésion apparaît en hypersignal intense liquidien (flèche), centrée par une « cicatrice » en hyposignal. Il s'agissait d'un cystadénome séreux ; **c.** IRM pancréatique en coupe axiale, séquence T2. Formation aux contours polycycliques en hypersignal liquidien du pancréas (flèche) ; **d.** séquence de bili-IRM (même patient que c.). Mise en évidence de 2 formations en hypersignal liquidien (flèches pleines) se raccordant au canal de Wirsung (flèche pointillée). V : vésicule biliaire. Il s'agissait de tumeurs intra-canalaires papillaires et mucineuses des canaux pancréatiques secondaires.

Chapitre 12
Pathologie du tube digestif

Item n° 279. Maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI) chez l'adulte et l'enfant
Item n° 298. Tumeurs du colon et du rectum
Item n° 300. Tumeurs de l'estomac
Item n° 302. Tumeurs de l'œsophage

1 Maladies inflammatoires du côlon et de l'intestin (MICI)

Les MICI sont des maladies **complexes**, **multifactorielles** et dont le diagnostic repose sur un **faisceau d'arguments cliniques, morphologiques** et surtout **histologiques**.
Le tableau ci-dessous développe quelques-uns des aspects d'imagerie typiques utiles pour apporter des **éléments diagnostiques**, et rechercher des **complications** de la maladie de Crohn et de la rectocolite hémorragique.

Maladie de Crohn et rectocolite hémorragique

	Maladie de Crohn	Rectocolite hémorragique
Anatomo pathologie et physiopathologie	‣ Maladie inflammatoire intestinale chronique, pouvant atteindre de façon segmentaire **tout le tube digestif**, avec une localisation préférentielle de l'iléon-côlon droit ‣ En histologie, l'inflammation pariétale est **transmurale**.	‣ Maladie inflammatoire intestinale chronique atteignant le **rectum** (toujours) et parfois le **côlon**, en partie ou en totalité (l'atteinte est continue) ‣ En histologie, l'inflammation pariétale est essentiellement **muqueuse**
	‣ Pic d'incidence pendant la **seconde décennie** ‣ Évolution par **poussées** (l'imagerie recherche des signes d'inflammation aiguë et des signes d'inflammation chronique, séquelle des poussées antérieures)	
Modalités d'imagerie	Elle participe au **diagnostic positif** et à **l'évaluation thérapeutique**. Elle permet la recherche des **complications**	Le rôle de l'imagerie est essentiellement réservé aux **complications**
Opacifications digestives	‣ **Lavement colique** et **transit du grêle** pour la maladie de Crohn ‣ Les opacifications sont actuellement de moins en moins réalisées en raison de l'avènement d'autres techniques plus performantes : endoscopie haute et basse et entéro-IRM. ‣ Le lavement reste utile seulement en cas de **sténose infranchissable** à la coloscopie. ‣ Les opacifications permettent également la **recherche des fistules**	
ASP	Employé pour le diagnostic des **complications** : occlusion (surtout maladie de Crohn), colectasie (surtout rectocolite hémorragique)	

	Maladie de Crohn	Rectocolite hémorragique
Échographie abdominale (éventuellement avec lavement colique ou remplissage des anses grêles)	‣ Recherche **d'abcès**, voire de **fistules** (examen non irradiant chez des sujets jeunes) ‣ Détection d'**anomalies pariétales**	
TDM abdomino-pelvienne	‣ Utilisée en première intention pour le diagnostic des **complications intra-abdominales** de la maladie ‣ Permet aussi de diagnostiquer des anomalies pariétales grêliques ou coliques	
Entéro-IRM	‣ Examen très sensible pour le **diagnostic positif d'anomalie pariétale grêlique**, le diagnostic des **complications** (sténose, fistule, abcès), et pour l'évaluation de l'**efficacité thérapeutique** ‣ Avantage également d'un examen non irradiant chez des sujets jeunes	Non indiquée
IRM pelvienne	Recherche d'**atteinte périnéale** (fistules, abcès)	Non indiquée
Cholangio-IRM	Recherche de cholangite sclérosante primitive associée à la recto-colite hémorragique ou à la maladie de Crohn (plus rarement)	
Signes positifs	‣ **Épaississement pariétal** grêlique, colique ou rectal segmentaire, avec **prise de contraste muqueuse** en cas de poussée (rehaussement « en cible »). Il faut garder à l'esprit que cet aspect est aspécifique (retrouvé dans les différentes étiologies de colites) ‣ **Adénopathies mésentériques** en cas de poussées ‣ **Hypervascularisation du mésentère** : augmentation de la vascularisation autour des anses atteintes avec aspect « peigné » ‣ **Sclérolipomatose du mésentère** : hypertrophie de la graisse mésentérique autour des anses intestinales atteintes (témoin d'une atteinte chronique)	**Épaississement pariétal** recto-colique continu modéré et **prise de contraste muqueuse** en cas de poussée (aspect en cible)
Complications	‣ **Sténose digestive** : rétrécissement de la lumière intestinale avec dilatation d'amont, réalisant au maximum une occlusion par obstruction ‣ **Trajets fistuleux** : communication anormale entre le tube digestif et une autre structure de voisinage. Les fistules les plus fréquentes sont entéro-cutanées, entéro-entérique, entéro-vésicale, entéro-colique, recto-vaginale ‣ Abcès : collection hypodense (TDM) de siège en général mésentérique et pelvien	‣ **Colectasie** : diamètre du côlon transverse supérieur à 6 cm ‣ **Perforation** : recherche de pneumopéritoine
Maladie associée	**Cholangite sclérosante primitive** : alternance de sténose et de dilatation des voies biliaires intra-hépatiques à la bili-IRM	

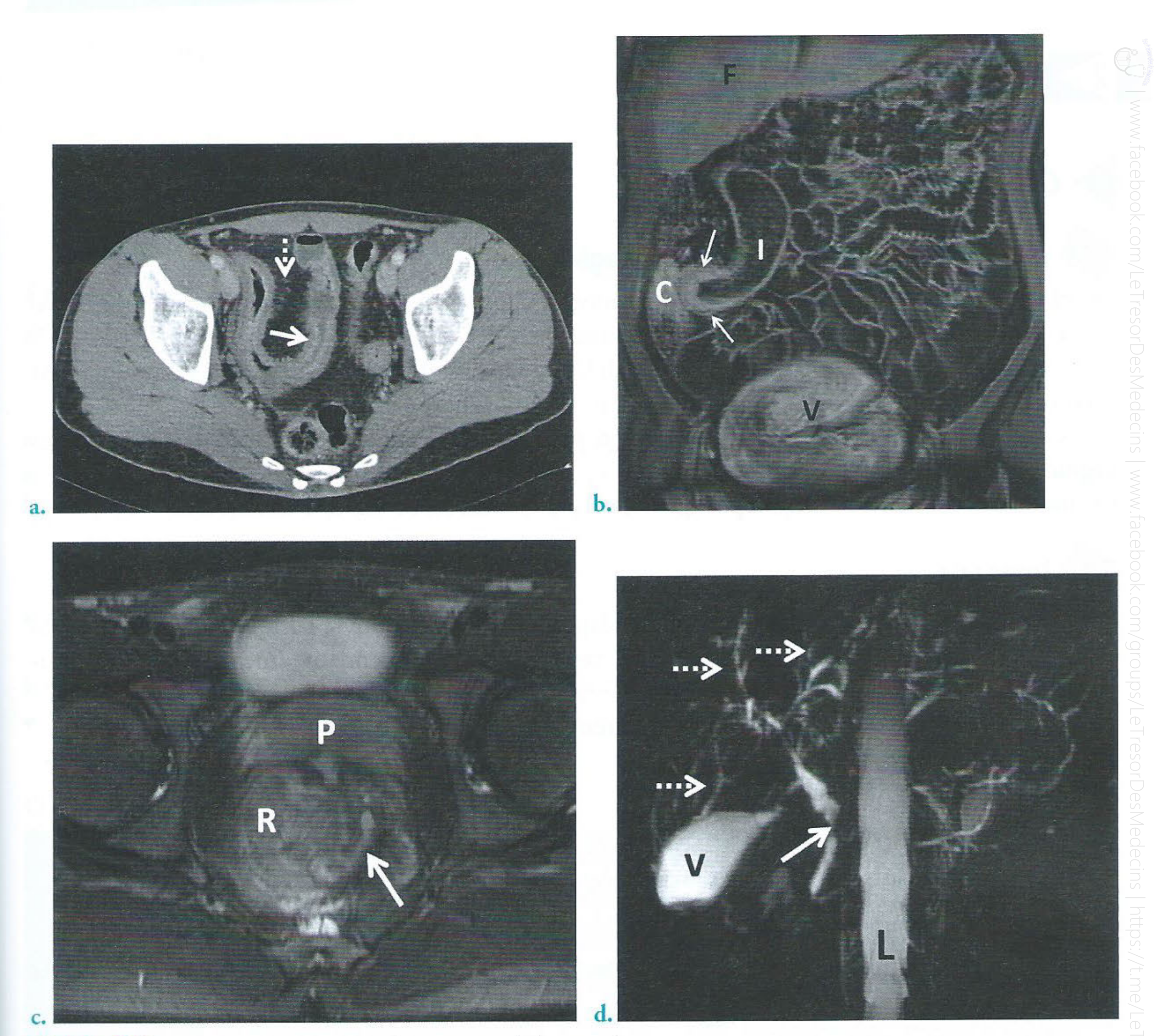


Figure 216 - Maladie de Crohn, complications et maladie associée

a. TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste, coupe axiale. Anse iléale à parois épaissies (flèche pleine) avec prise de contraste muqueuse. Hypervascularisation du mésentère (flèche pointillée), et sclérolipomatose : hypertrophie de la graisse mésentérique (hypodense) autour de l'anse malade. Il s'agissait d'une maladie de Crohn avec atteinte iléale chronique, en poussée au moment de l'imagerie ; b. entéro-IRM abdomino pelvienne en coupe coronale, séquence T1 après injection de gadolinium. Important épaississement pariétal rehaussé par le produit de contraste (flèches) de la dernière anse iléale (I) et du cæcum (C). La dernière anse iléale est dilatée. F : foie, V : vessie ; c. IRM pelvienne coupe axiale, séquence T2 Stir. Trajet fistuleux périnéal (flèche) à point de départ rectal (« R »). En avant, la prostate (« P »). Il s'agissait d'une maladie de Crohn avec atteinte périnéale ; d. séquence de bili-IRM, reconstruction coronale en projection d'intensité maximale. Sténose de la voie biliaire principale (flèche pleine) et aspect irrégulier des voies biliaires intrahépatiques (flèches pointillées). Le « V » figure la vésicule et le « L » le liquide céphalospinal. Cholangite sclérosante primitive associée à une rectocolite hémorragique.

2 Pathologie tumorale

2.1 Cancer du côlon et du rectum

2.1.1 Anatomopathologie et épidémiologie

Les cancers colo-rectaux sont des **adénocarcinomes** dans 98 % des cas, se développant en général par la **dégénérescence de polypes adénomateux**.
Leur incidence est **élevée** (deuxième cancer solide chez la femme et troisième chez l'homme), et est maximale à 70 ans. Le *sex-ratio* est légèrement en faveur de l'homme.
L'extension **locale** est **circonférentielle** et en **profondeur**, vers les **relais lymphatiques** et les **organes voisins**.
Les **métastases** sont avant tout **hépatiques**, puis **pulmonaires**, **osseuses** et **cérébrales**.

2.1.2 Imagerie

Le diagnostic est **histologique** grâce à la coloscopie. L'imagerie découvre parfois des tumeurs recto-coliques fortuitement ou **au décours d'une complication**. Cependant, une TDM abdomino-pelvienne normale n'élimine pas la présence d'une tumeur rectocolique.
L'imagerie à un rôle capital pour le **bilan d'extension**, et elle participe à la **surveillance**.

Modalités

ASP

Il est parfois réalisé lorsque la tumeur est révélée par une **complication** (occlusion).

Lavement colique

Ses **indications** sont **réduites**, il est utile en cas de sténose infranchissable en endoscopie, ou à la recherche de trajets fistuleux.

Échographie abdominale

Elle est indiquée **en deuxième intention**, pour le bilan initial et le suivi en cas de contre-indication à la TDM abdominale avec injection de produit de contraste.

TDM abdomino-pelvienne

Réalisée avec injection de produit de contraste, elle est indiquée en **première intention** pour le bilan d'extension, pour le suivi ou au décours de complications. Un coloscanner à l'eau peut être réalisé pour le diagnostic et le bilan lorsque la coloscopie est impossible.

IRM abdominale

Elle est indiquée **en deuxième intention** en cas de contre-indication à la TDM ou de doute diagnostique (lésion hépatique indéterminée par exemple).

TDM thoracique

Indiquée pour le **bilan d'extension** chez tous les patients, elle sert aussi au suivi.

IRM rectale et/ou écho-endoscopie rectale

Elles sont recommandées pour le **bilan des tumeurs rectales**.

TEP-TDM au 18-FDG

Son indication est **discutée au cas par cas**, pour le bilan initial et la surveillance (détection des récidives).

Scintigraphie osseuse, TDM cérébrale

Elle est pratiquée **sur point d'appel** clinique.

Signes positifs

Épaississement ou une **masse** rectale/colique de contours **irréguliers**, à **prise de contraste hétérogène**, responsable d'une **sténose** de degré variable.

Extension

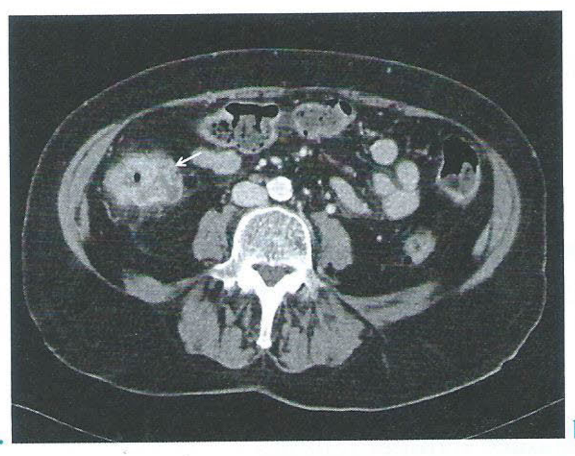
- Extension **ganglionnaire** : **adénopathies paracoliques**, **rétropéritonéales**.
- Extension **à distance** : **nodules** ou **masses hépatiques** (fréquentes), **nodules pulmonaires**, **lésions cérébrales** prenant le contraste en périphérie, **lésions osseuses** lytiques…

Complications

- **Occlusion** colique tumorale, en amont d'une tumeur sténosante *(voir « Occlusion intestinale », page 267)*.
- Cancer **abcédé** (abcès péritumoral) : collection hypodense à prise de contraste périphérique (TDM).
- **Fistulisation** : opacification de trajet anormaux iléo/gastro/vésico/vagino colique (visible sur un lavement colique).

Classification TNM (2009)

Tumeur (T)	Tis : tumeur intraépithéliale ou limitée au chorion	
	T1 : envahissement de la sous-muqueuse	
	T2 : envahissement de la musculeuse	
	T3 : envahissement de la sous-séreuse ou des tissus péricoliques non péritonéalisés	
	T4 : perforation du péritoine viscéral et atteinte des structures adjacentes	T4a : perforation du péritoine viscéral
		T4b : invasion directe d'un autre organe
Ganglions (N)	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : 1 à 3 ganglions envahis	N1a : un ganglion
		N1b : 2 à 3 ganglions
		N1c : dépôts tumoraux satellites dans la sous-séreuse ou les tissus péricolique ou périrectaux, sans métastase ganglionnaire
	N2 : plus de 3 ganglions régionaux envahis	N2a : 4 à 6 ganglions
		N2b : plus de 7 ganglions
Métastases viscérales (M)	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : présence de métastase(s) à distance	M1a : un seul organe atteint
		M1b : atteinte de plus d'un organe ou du péritoine


a.

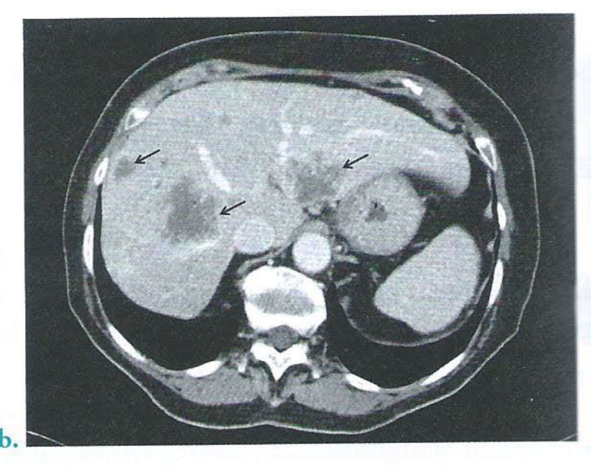

b.

Figure 217 - Cancer du côlon
TDM abdominale avec injection de produit de contraste, en coupes axiales, révélant un cancer colique droit avec métastases hépatiques : **a.** lésion du côlon droit (flèche) hétérogène, de contours irréguliers, sténosante, associée à une densification de la graisse adjacente ; **b.** (même patient que a) : hypodensités hépatiques mal limitées, de taille variable, à faible prise de contraste périphérique.

2.2 Autres cancers digestifs

La place de l'imagerie dans les cancers œsophagiens et gastriques est résumé dans le tableau suivant.

Cancer de l'œsophage et cancer de l'estomac

<table>
<tr><th></th><th>Cancer de l'œsophage</th><th>Cancer de l'estomac</th></tr>
<tr><td>Anatomopathologie et épidémiologie</td><td>‣ Carcinome épidermoide (75 %)
‣ Adénocarcinome (25 %)
‣ Prédomine largement chez l'homme
‣ Troisième cancer digestif en incidence
‣ Âge moyen de survenue : 65 ans
‣ Association fréquente aux autres cancers des voies aéro-digestives supérieures
‣ Extension locale en profondeur
‣ Extension ganglionnaire péri-œso-phagienne précoce
‣ Sites métastatiques les plus fréquents : hépatiques et pulmonaires, plus rarement osseux et cérébraux.</td><td>‣ Adénocarcinome (90 %)
‣ Prédomine chez l'homme
‣ Deuxième cancer digestif en incidence (après le cancer colorectal).
‣ Âge moyen de survenue : 70 ans
‣ Extension locorégionale puis péritonéale et ganglionnaire. Sites métastatiques les plus fréquents : hépatiques et pulmonaires. Autres sites : reins et surrénales, os, péritoine</td></tr>
<tr><td>Modalités d'imagerie</td><td colspan="2">Le diagnostic est histologique grâce à l'endoscopie. Le rôle de l'imagerie est dans le bilan d'extension, la recherche de complications et la surveillance.</td></tr>
<tr><td>Transit œsogastroduodénal</td><td>En cas de suspicion de fistule (fistule œso-bronchique), pour le contrôle d'endoprothèse œsophagienne</td><td>En cas de cancer atteignant le cardia</td></tr>
<tr><td>Échographie abdominale</td><td colspan="2">En cas de contre-indication à la TDM abdominale avec injection de produit de contraste ou en complément pour l'exploration de lésion hépatique indéterminée</td></tr>
<tr><td>Écho-endoscopie</td><td>Indiqué en première intention sauf tumeur localement évoluée</td><td>Indiquée au cas par cas</td></tr>
<tr><td>TDM thoracique
TDM abdomino-pelvienne</td><td colspan="2">‣ Indiquée en première intention dans le bilan initial
‣ Au cas par cas pour la surveillance</td></tr>
<tr><td>TEP-TDM au 18-FDG</td><td>Indiquée pour confirmer après TDM le caractère non métastatique d'une tumeur résécable</td><td>Au cas par cas</td></tr>
<tr><td>TDM cérébrale, scintigraphie osseuse</td><td colspan="2">Sur point d'appel (essentiellement pour le cancer de l'œsophage)</td></tr>
</table>

Classification TNM du cancer gastrique (2009)

Tumeur (T)	T1 : envahissement de la lamina propria, de la musculaire muqueuse ou de la sous-muqueuse	T1a : lamina propria ou musculaire muqueuse
		T1b : sous-muqueuse
	T2 : envahissement de la musculeuse	
	T3 : envahissement de la sous-séreuse	
	T4 : perforation de la séreuse et atteinte des structures adjacentes	T4a : perforation de la séreuse
		T4b : atteinte des structures adjacentes
Ganglions (N)	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : envahissement de 1 à 2 ganglions régional(aux)	
	N2 : envahissement de 3 à 6 ganglions régionaux	
	N3 : envahissement de plus de 6 ganglions régionaux	N3a : 7 à 15 ganglions
		N3b : plus de 15 ganglions
Métastases viscérales (M)	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : présence de métastase(s) à distance	

Classification TNM du cancer de l'œsophage (2009)

Tumeur (T)	Tis : carcinome in situ	
	T1 : envahissement de la lamina propria, de la musculaire muqueuse ou de la sous-muqueuse	T1a : lamina propira ou musculaire muqueuse
		T1b : sous-muqueuse
	T2 : envahissement de la musculeuse	
	T3 : envahissement de l'adventice	
	T4 : envahissement des structures adjacentes	T4a : plèvre, péricarde, diaphragme, péritoine
		T4b : autres structures adjacentes
Ganglions (N)	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : envahissement de 1 ou 2 ganglion(s) régional(aux)	
	N2 : envahissement de 3 à 6 ganglions régionaux	
	N3 : envahissement de 7 (ou plus) ganglions régionaux	
Métastases viscérales (M)	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : présence de métastase(s) à distance	

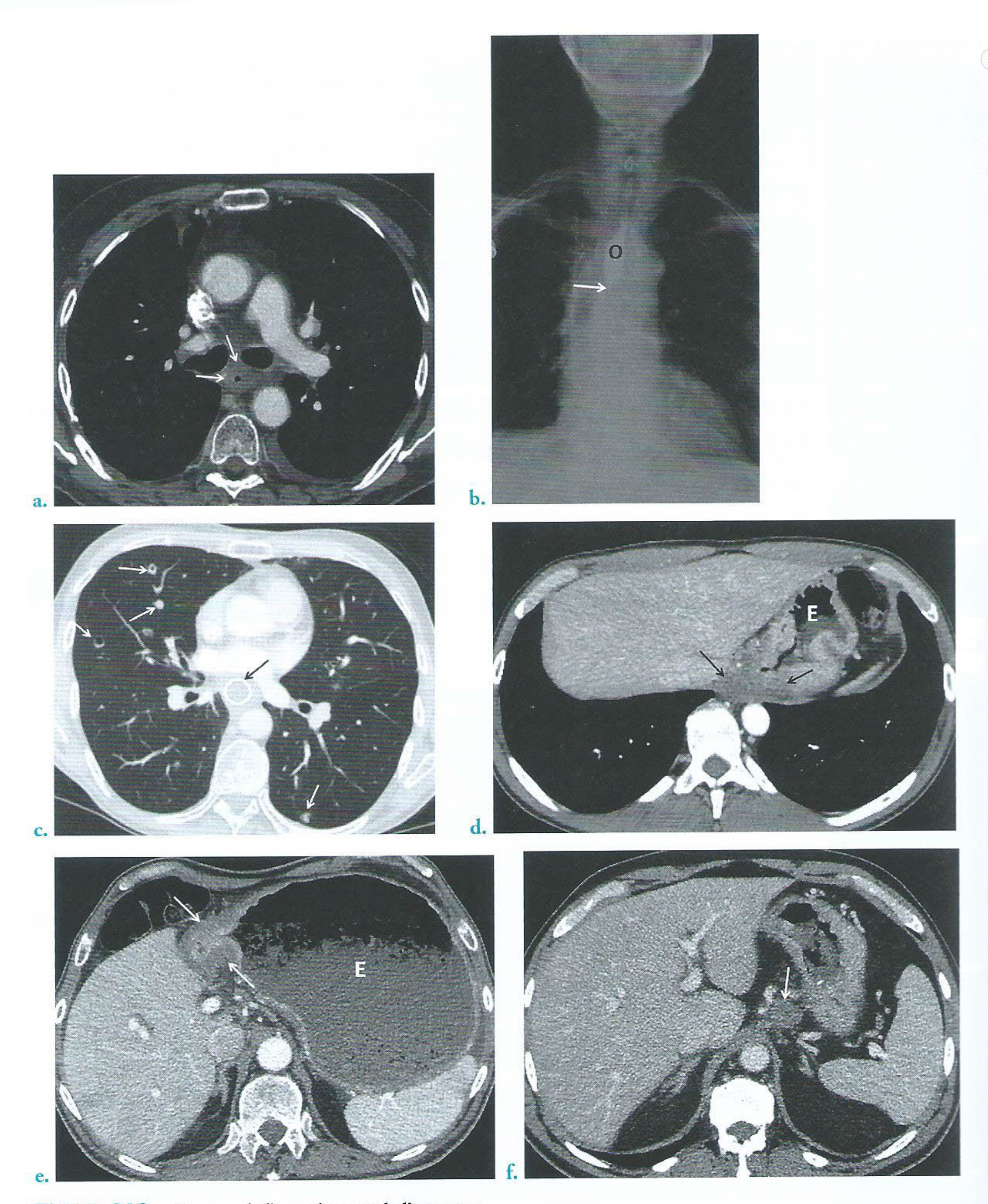


Figure 218 - Cancers de l'œsophage et de l'estomac

a., **b.**, **c.** tumeurs œsophagiennes. **a.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre médiastinale. Épaississement pariétal circonférentiel de l'œsophage (flèches) ; **b.** transit œso-gastro-duodénal (même patient que **a.**). Œsophage (o) rempli par le produit de contraste, s'arrêtant net (flèche) en raison d'une sténose tumorale ; **c.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. Endoprothèse œsophagienne (flèche noire) sur tumeur œsophagienne sténosante, associée à des lésions secondaires pulmonaires multiples parfois excavées (flèches blanches) ; **d.** , **e.**, **f.** tumeurs gastriques. TDM abdomino-pelviennes avec injection de produit de contraste, coupes axiales ; **d.** épaississement hypodense des parois du cardia (flèches). E : estomac ; **e.** épaississement des parois antrales (flèches) avec stase gastrique d'amont (dilatation de l'estomac **e.**). **f.** adénopathie cœliaque (flèche). Cancer gastrique non visible en TDM.

Sous-partie 4

Neurologie

Dans cette sous-partie, sauf mention contraire, les images TDM sont présentées en fenêtre parenchymateuse cérébrale.

Chapitre 13

Prérequis : sémiologie neurologique en TDM et IRM

Les termes sémiologiques suivants seront utiles dans la lecture des TDM et IRM cérébrales :

- **œdème périlésionnel** : hypodensité (TDM) ou hypersignal T2 et Flair (IRM) entourant un processus pathologique, pouvant être responsable d'un effet de masse ;
- **effet de masse** : refoulement voire effacement des sillons et/ou des ventricules en regard d'une lésion ;
- **déviation de la ligne médiane** : physiologiquement, le septum pellucidum, séparant les ventricules latéraux, est aligné dans l'axe de la faux du cerveau. La perte de cet alignement, secondairement à un effet de masse, est appelé déviation de la ligne médiane et constitue un signe d'engagement sous-falcoriel ;
- **engagement cérébral** : hernie de tissu cérébral au travers des orifices naturels de l'encéphale. Il est la conséquence d'une augmentation du volume cérébral (effet de masse produit par une lésion hémorragique ou œdémateuse). Il en existe quatre formes. Chacune de ces formes correspond à des signes cliniques spécifiques en fonction des structures refoulées.

IMPORTANT

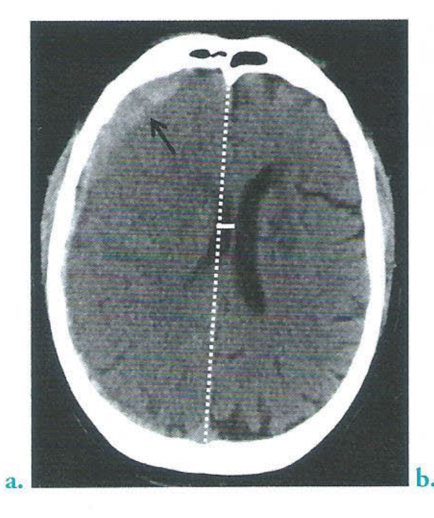
Quatre types d'engagement

1. Engagement sous-falcoriel (ou cingulaire) : il correspond au glissement du corps calleux, des circonvolutions frontales internes, voire du ventricule latéral sous le bord libre de la faux du cerveau. C'est le type d'engagement cérébral le plus fréquent. En imagerie, il se traduit par un effacement du ventricule latéral homolatéral et une déviation de la ligne médiane.

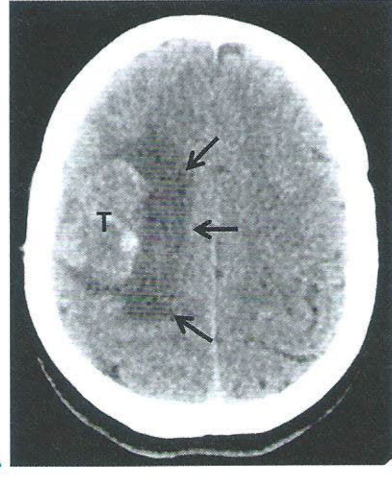
2. Engagement diencéphalique médian : c'est l'engagement du diencéphale au travers de l'incisure tentorielle. En imagerie, le troisième ventricule et les citernes de la base du crâne deviennent invisibles.

3. Engagement temporal (ou transtoriel) : lorsque l'uncus temporal glisse dans la citerne latéro-pédonculaire, entre le pédoncule cérébral en dedans et le bord libre de la tente du cervelet en dehors. En imagerie, les citernes mésencéphaliques sont effacées, et le mésencéphale est refoulé du côté controlatéral à la lésion.

4. Engagement des amygdales cérébelleuses : lorsque les amygdales cérébelleuses s'engagent dans le foramen magnum (trou occipital). En imagerie, le foramen magnum est comblé par les amygdales cérébelleuses.



a.



b.

Figure 219 - Sémiologie neurologique en TDM

TDM cérébrales sans injection, coupes axiales, fenêtre parenchymateuse : **a.** hématome sous-dural en hyperdensité spontanée (flèche) en situation frontale droite, responsable d'un effet de masse (effacement des sillons corticaux frontaux et du ventricule latéral homolatéraux), avec déviation de la ligne médiane (septum pellucidum déplacé par rapport à l'axe de la faux du cerveau représenté par la ligne pointillée), qui peut être mesurée (trait plein blanc. ; **b.** tumeur fronto-pariétale droite (T), responsable d'œdème périlésionnel (hypodensité cernant la tumeur, flèches).

Chapitre 14
Accidents vasculaires cérébraux (AVC)

Item n° 335. Accidents vasculaires cérébraux
Item n° 336. Hémorragie méningée

On regroupe sous ce terme les accidents vasculaires ischémiques (infarctus), hémorragiques (hématome, hémorragie méningée non traumatique) et les thrombophlébites cérébrales.

1 Infarctus cérébral

C'est le plus fréquent des AVC.

1.1 Physiopathologie

Secondairement à une **occlusion d'une artère cérébrale** (thrombose, embolie), à une **hypoperfusion** en aval d'une sténose, ou à une **baisse globale du débit circulatoire** :

- se produit une **diminution de l'apport sanguin cérébral** en dessous d'un certain seuil (< 15 mL/min) ;
- et se **constitue une zone d'ischémie cérébrale**, avec **nécrose cellulaire**, caractérisée initialement par une accumulation d'eau intracellulaire : **œdème cytotoxique** ou cellulaire (secondaire à une atteinte de la perméabilité membranaire de la cellule, il conduit à l'accumulation intracellulaire d'eau et d'ions, et intéresse autant la substance blanche que la substance grise).

Cette zone de nécrose cellulaire **irréversible** est entourée d'une **zone hypoperfusée**, dite de « **pénombre** », à risque d'infarcissement secondaire, corrélée à des signes neurologiques **potentiellement réversibles** en cas de rétablissement d'un débit sanguin suffisant. C'est l'existence de cette zone qui justifie la **prise en charge urgente** des infarctus cérébraux. En effet, plus le délai de traitement est court (avec l'utilisation notamment de la thrombolyse), plus les chances de récupération de ce territoire de pénombre sont élevées.

Creusons le sujet
Évolution de l'ischémie cérébrale en trois stades

1. Stade aigu : jusqu'à J3, caractérisé par un œdème cytotoxique jusqu'à H6, puis par un œdème vasogénique (secondaire à une augmentation de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique, provoquant un passage d'eau, d'électrolytes et de protéines dans le secteur extracellulaire ; prédominant dans la substance blanche).
2. Stade subaigu : de J3 à 1 mois, caractérisé par la fin de l'œdème maximal, le risque de transformation hémorragique et la rupture de la barrière hémato-encéphalique.
3. Stade chronique (séquellaire) : après 1 mois, apparition d'une cavité séquellaire (cavité porencéphalique) et/ou d'une atrophie.

1.2 Imagerie

Son but est de **confirmer le diagnostic** d'infarctus cérébral suspecté cliniquement et d'**éliminer un hématome** intracrânien qui contre-indiquerait la réalisation d'une thrombolyse. Il permet également de chercher des **signes de gravité**, et d'éventuels indices **étiologiques**.

1.2.1 Modalités

TDM cérébrale sans injection et angio-TDM des vaisseaux du cou et du polygone de Willis

C'est un examen de **deuxième intention** car sa sensibilité est nettement inférieure à celle de l'IRM pour la détection de l'ischémie. Cependant, il garde plusieurs indications :

- **en l'absence d'IRM disponible**, ou en cas d'**IRM non réalisable** (contre-indication, patient très agité). La TDM élimine un hématome intracrânien ou un infarctus très étendu devant des symptômes neurologiques d'apparition brutale suspects d'infarctus cérébral. Dans les autres cas, une thrombolyse pourra être réalisée si les délais sont respectés (même si actuellement on préfère confirmer le diagnostic par l'IRM cérébrale) ;
- **lors d'un bilan à distance** de la phase hyperaiguë (> 6 heures pour un AVC carotidien et 24 heures pour un AVC du tronc basilaire) ou en **l'absence de possibilité de thrombolyse**.

La TDM sans injection est parfois complétée par une **angio-TDM des vaisseaux du cou et du polygone de Willis** à visée étiologique (suspicion de dissection), ou secondairement pour le bilan athéromateux.

Il ne faut pas oublier qu'une TDM réalisée précocement peut être normale (plus de la moitié des cas d'infarctus vus avant 12 heures d'évolution) et ne permet pas dans ce cas de distinguer un infarctus cérébral débutant d'une autre pathologie mimant ses signes neurologiques (hypoglycémie, déficit postcritique...).

> **Pour aller plus loin**
>
> ***TDM de perfusion cérébrale***
>
> Elle consiste en une acquisition dynamique d'images successives après une injection de produit de contraste, puis par le calcul par un logiciel adapté des caractéristiques de la perfusion cérébrale. Elle offre la possibilité de différencier territoire nécrotique et territoire de pénombre, permettant ainsi d'aider à poser l'indication d'une thrombolyse. Cependant, son utilisation est encore peu répandue.

IRM cérébrale et angio-IRM des vaisseaux du cou

L'IRM cérébrale est **l'examen de référence** lorsqu'il est disponible et réalisable, sensible et spécifique. Il fait le diagnostic positif, élimine l'hématome intracérébral, apprécie l'étendue, la zone de pénombre et apporte souvent des informations sur le mécanisme étiologique. Son intérêt est majeur en cas d'infarctus cérébral pris en charge précocement, afin de décider d'une éventuelle thrombolyse. L'angio-IRM des vaisseaux du cou est parfois immédiatement réalisée, en même temps que l'IRM cérébrale (en cas de suspicion de dissection), ou secondairement pour le bilan athéromateux si l'infarctus cérébral est prouvé.

Échographie-doppler artérielle des vaisseaux du cou

Elle est réalisée pour le **bilan étiologique** de l'infarctus cérébral (athérome, sténose, dissection) et peut être complétée par un doppler transcrânien (exploration du polygone de Willis et retentissement hémodynamique d'une sténose extracrânienne).

> **IMPORTANT**
> ***Séquences d'IRM indispensables réalisées devant une suspicion d'infarctus cérébral***
> **Diffusion** : diagnostic positif (séquence très sensible précocement), réalisée couplée à une cartographie ADC (distinction de l'œdème cytotoxique et vasogénique).
> **FLAIR** : diagnostic positif et diagnostic différentiel, détection du thrombus endovasculaire.
> **T2 écho de gradient** : détection de saignement (diagnostic différentiel d'hématome et infarctus hémorragique), excluant la possibilité de thrombolyse.
> **ARM du polygone de Willis** (en « temps de vol » : sans injection de produit de contraste) : recherche et localisation d'une occlusion vasculaire.
>
> *Séquences optionnelles* :
> **Perfusion** : séquence réalisée après injection de gadolinium. Couplée à la séquence de diffusion, elle permet de distinguer la zone de pénombre de l'ischémie.
> **ARM cervicale** : après injection de produit de contraste, en cas de suspicion de dissection carotidienne ou vertébrale.

Échographie cardiaque

Également réalisée pour le **bilan étiologique**, elle est pratiquée pour la recherche d'une pathologie emboligène (thrombus intracavitaire, valvulopathie...).

Artériographie cérébrale

Ses indications à but diagnostique sont actuellement **très réduites** au vu des autres possibilités d'exploration vasculaire.

1.2.2 Signes positifs

Par définition, les signes parenchymateux observés sont systématisés à un ou plusieurs territoires vasculaires.

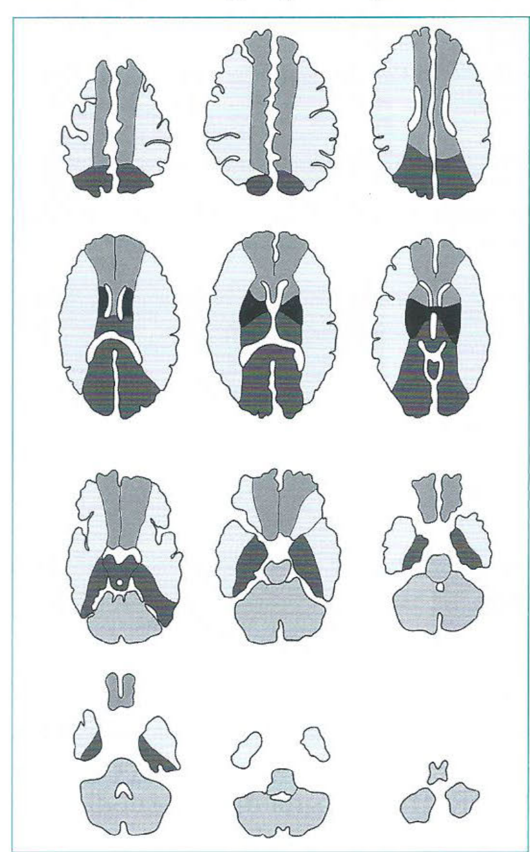


Figure 220 - Territoires artériels cérébraux

- sylvien superficiel
- sylvien profond
- cérébral antérieur
- cérébral postérieur
- vertébro-basilaire (pontique et cérébelleux sauf cérébral postérieur)

Signes TDM de l'infarctus cérébral

Stade	Signes
Aigu	‣ Examen normal dans 60 à 80 % des cas en phase hyperaiguë inférieure à 6 heures ‣ Signes précoces d'œdème cérébral : effacement des sillons corticaux, dédifférenciation substance blanche/substance grise ‣ Dans le cas particulier de l'AVC sylvien, cette dédifférenciation correspond à une perte du ruban insulaire et à un effacement du noyau lenticulaire ‣ Visualisation du thrombus artériel : hyperdensité spontanée intravasculaire
Subaigu	‣ Signes d'infarctus cérébral constitué : hypodensité cortico sous-corticale franche avec effet de masse (œdème maximal à J2-J3) ‣ Prise de contraste possible si injection (rupture de la barrière hémato-encéphalique)
Chronique	‣ Hypodensité du territoire infarci et/ou atrophie localisée avec dilatation des sillons corticaux et des cornes ventriculaires en regard ‣ Absence de prise de contraste ‣ Lacunes : hypodensités des noyaux gris centraux

Signes IRM de l'infarctus cérébral

Stade	Signes		
Aigu	Signes ischémiques :		
	Séquence	Signal	Délai
	T2	Hypersignal	> 6 heures
	FLAIR	Hypersignal	> 3 heures
	Diffusion	Hypersignal	> 1 heure
	ADC	Coefficient diminué	
	Pénombre ischémique : discordance entre le territoire hypoperfusé (obtenu sur la séquence de perfusion) et le territoire infarci (hypersignal sur la séquence de diffusion) Visualisation du thrombus artériel : hyposignal intra-artériel T2 écho de gradient, hypersignal intra-artériel FLAIR		
Subaigu	Prise de contraste si injection (rupture de la barrière hémato-encéphalique)		
Chronique /séquellaire	Séquelles ischémiques en hypersignal Flair et hyposignal de diffusion ; atrophie avec dilatation de sillons corticaux et des cornes ventriculaires en regard ‣ absence de prise de contraste ‣ lacunes : hyposignal T1 et hypersignal T2 des noyaux gris centraux (sensibilité nettement supérieure à celle de la TDM)		

1.2.3 Signes associés

Recherche d'**anomalies sous-jacentes** du parenchyme cérébral :

- **séquelles ischémiques** d'AVC anciens (dont lacunes) ;
- **leucoaraïose** *(voir plus loin page 325 « Atrophie cérébrale et démences »)* : hypodensités (TDM) ou hypersignaux FLAIR (TDM) périventriculaire mal limités.

1.2.4 Signes étiologiques

- En faveur d'une étiologie **embolique** : atteinte simultanée de plusieurs territoires vasculaires, atteinte jonctionelle.
- En faveur d'une **dissection artérielle** : hypersignal T1 (IRM) de la paroi du vaisseau disséqué (hématome intramural), présence d'un faux chenal réduisant le calibre circulant.

1.2.5 Complications

Transformations hémorragiques (en général au stade subaigu) : spots d'hyperdensités spontanées (TDM), hyposignaux punctiformes en T2 écho de gradient (IRM).

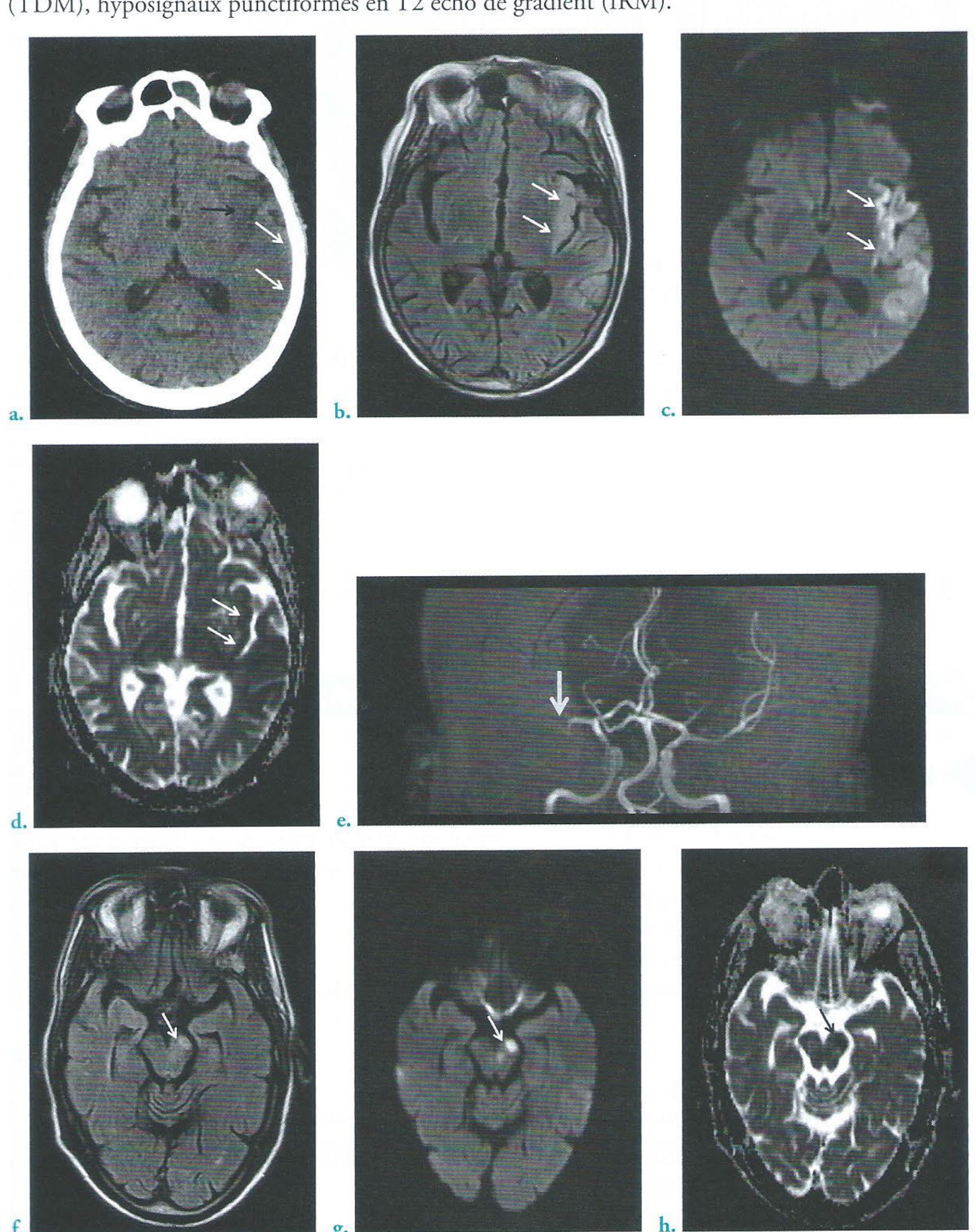
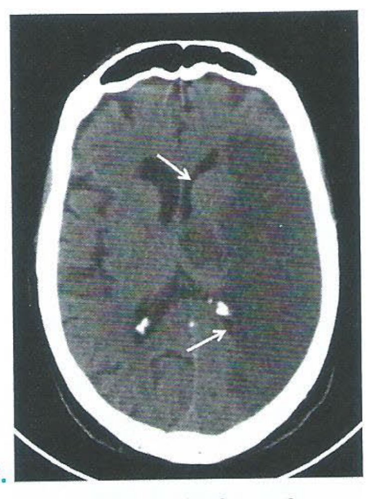


Figure 221 - Infarctus cérébraux et leurs complications

(Voir légendes page suivante.)


i.

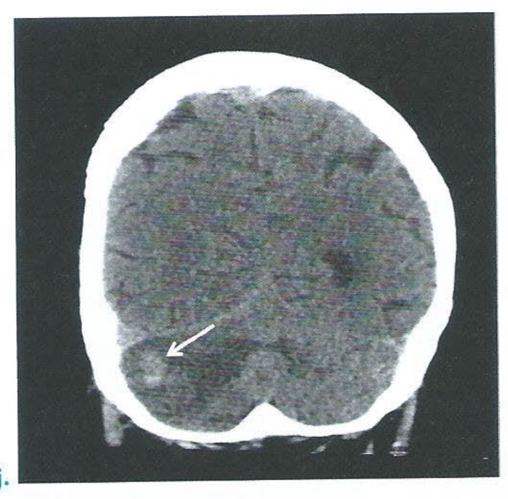

j.

Figure 221 (suite) - Infarctus cérébraux et leurs complications
a. b. c. et **d.** même patient. Infarctus aigu sylvien superficiel gauche ; **a.** TDM cérébrale sans injection, coupe axiale. Effacement du ruban insulaire gauche (flèche noire), effacement des sillons dans le territoire de l'artère sylvienne gauche (flèches blanches) ; **b.** IRM cérébrale, coupe axiale, séquence FLAIR. Hypersignal dans le territoire de l'artère sylvienne superficielle gauche (flèches) ; **c.** IRM cérébrale, coupe axiale, séquence de diffusion. Hypersignal dans le même territoire (flèches) ; **d.** IRM cérébrale, cartographie ADC correspondant à la séquence de diffusion. Discret hyposignal dans le même territoire (flèches) correspondant à une baisse de l'ADC ; **e.** IRM cérébrale, ARM du polygone de Willis en « temps de vol », reconstruction en projection d'intensité maximale dans le plan coronal. L'artère sylvienne droite est amputée (flèche, regarder par rapport au côté controlatéral) : occlusion sylvienne droite proximale (segment M1) ; **f. g.** et **h.** même patient. IRM cérébrale révélant un infarctus aigu pédonculaire gauche (territoire de l'artère cérébrale postérieure gauche) ; **f.** et **b.** Coupe axiale, séquence FLAIR. Hypersignal pédonculaire gauche (flèche) ; **g.** coupe axiale, séquence de diffusion. Hypersignal dans le même territoire (flèche) ; **h.** cartographie ADC correspondante à la séquence de diffusion. Hyposignal dans le même territoire (flèche) ; **i.** TDM cérébrale sans injection, coupe axiale. Hypodensité étendue du territoire sylvien gauche, avec effet de masse sur le ventricule latéral (flèches). Infarctus sylvien gauche subaigu (vu à J3) ; **j.** TDM cérébral sans injection, reconstruction coronale. Hyperdensité spontanée (flèche) au sein d'une hypodensité cérébelleuse droite. Transformation hémorragique d'un infarctus cérébelleux droit.

2 Hématome intracérébral non traumatique

2.1 Physiopathologie

Il survient dans un contexte d'HTA (le plus souvent) ou de malformation vasculaire (anévrysme artériel, malformation artério-veineuse, cavernome), plus rarement secondairement à une tumeur cérébrale ou une angiopathie amyloïde :

- **rupture vasculaire** intraparenchymateuse ;
- constitution d'un **hématome** ;
- **refoulement** du parenchyme sain adjacent avec **ischémie périphérique** ;
- **risque de diffusion** dans les cavités ventriculaire ou les espaces sous-arachnoïdiens.

Creusons le sujet

Constitution des hématomes intracérébraux selon le cycle de dégradation de l'hémoglobine

Stades	Délais	Constitution de l'hématome
Stade hyperaigu	< 24 heures	Oxyhémoglobine
Stade aigu	24-72 heures	Désoxyhémoglobine
Stade subaigu précoce	J3/J7	Méthémoglobine intracellulaire
Stade subaigu tardif	Une semaine à un mois	Méthémoglobine extracellulaire
Stade chronique	plus d'un mois	Séquelle sous forme de cavitation avec dépôts d'hémosidérine périphériques

2.2 Imagerie

Elle **pose le diagnostic**, recherche des **complications** et des **signes étiologiques**.

2.2.1 Modalités

TDM cérébrale sans injection

C'est l'examen **de première intention**, sensible et spécifique.

IRM cérébrale

Ses **indications** sont **réduites** pour le diagnostic positif, en phase aiguë. On découvre parfois un hématome sur un examen cherchant des signes d'infarctus. Le signal de l'hématome évolue en fonction du cycle de dégradation de l'hémoglobine. Le protocole comprendra des séquences en écho de gradient.

Angio-TDM/angio-IRM/angiographie cérébrale

Dans le cas d'un hématome lobaire, en faveur d'une malformation vasculaire, il faudra les réaliser pour **rechercher une anomalie justifiant un traitement spécifique**, le plus souvent à distance de l'épisode aigu.

2.2.2 Signes positifs

	TDM	IRM
Stade hyperaigu	Hyperdensité spontanée	▸ Isosignal T1 ▸ Hypersignal T2 ▸ Couronne d'hyposignal en T2 écho de gradient
Stade aigu	Hyperdensité spontanée	▸ Hypo/iso signal T1 ▸ Hyposignal T2, plus franc en écho de gradient
Stade subaigu précoce	Apparition d'une collerette d'œdème hypodense	▸ Hypersignal T1 ▸ Hyposignal T2 et T2 écho de gradient
Stade subaigu tardif	Diminution de l'hyperdensité vers l'iso- puis l'hypodensité Si injection : prise de contraste en couronne de l'hématome	▸ Hypersignal T1 et T2 ▸ Hyposignal T2 écho de gradient
Stade chronique	Hypodensité sans prise de contraste	▸ Hyposignal T1, T2 et périphérique, cernant un hypersignal central ▸ Hyposignal T2 écho de gradient

2.2.3 Signes étiologiques

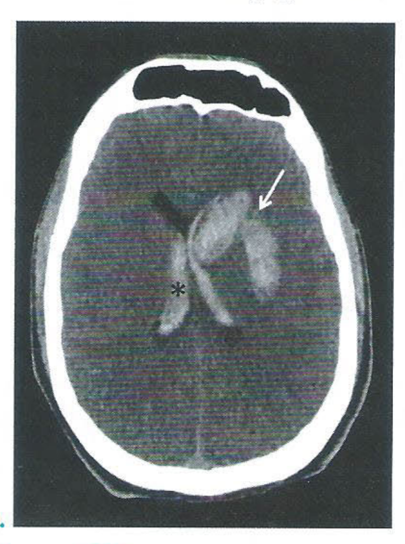
- Hématome dans un **territoire artériel profond** (noyaux gris centraux, capsule interne, centres semi-ovales, hémisphères cérébelleux et protubérance) : **en faveur d'une origine hypertensive**.
- Hématome **lobaire** : **en faveur d'une malformation vasculaire**, devant faire poursuivre les investigations.

2.2.4 Signes associés

Hémorragie sous-arachnoïdienne : hyperdensité spontanée (TDM) ou signal hémorragique dans les espaces sous-arachnoïdiens (IRM).

2.2.5 Complications

- **Œdème périlésionnel** : hypodensité (TDM) ou hypersignal FLAIR ou T2 (IRM) autour de l'hématome.
- **Hémorragie intraventriculaire** : hyperdensité spontanée (TDM) ou signal hémorragique déclive intraventriculaire (IRM), pouvant se compliquer d'**hydrocéphalie aiguë**.
- **Effet de masse et engagement** *(voir « Prérequis : sémiologie neurologique en TDM et IRM », page 312).*

a. 

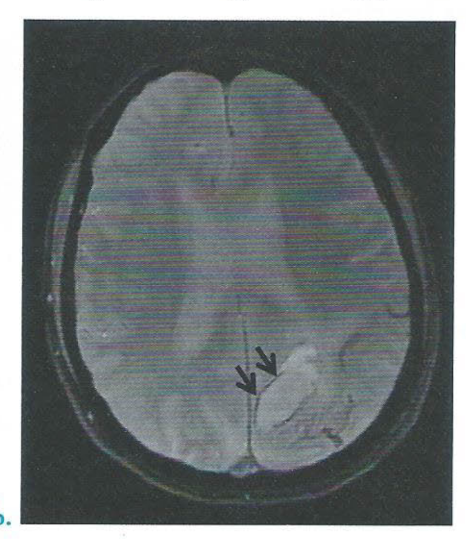
b. 

Figure 222 - Hématomes intracérébraux non traumatiques
a. TDM cérébrale sans injection, coupe axiale. Hyperdensité spontanée bilobée des noyaux gris profonds gauche (flèche), associé à une hyperdensité intraventriculaire (astérisque), et effacement de la corne antérieure du ventricule latéral gauche. Hématome profond gauche vu en phase aiguë avec hémorragie intraventriculaire et effet de masse ; **b.** IRM cérébrale, coupe axiale, séquence T2 écho de gradient. Lésion occipitale gauche en discret hypersignal, avec couronne d'hyposignal (flèches). Hématome lobaire occipital gauche vu à la phase aiguë.

3 Thrombophlébite cérébrale

3.1 Physiopathologie

Les étiologies sont **locales** (infections de voisinage, tumeur) ou **générales** (thrombophilie) :
- **occlusion d'une veine cérébrale** superficielle ou profonde, ou **d'un sinus veineux** de la dure-mère ;
- apparition d'une **ischémie veineuse** : non systématisée à un territoire artériel ;
- association à un **œdème cérébral**, et dans certains cas à des ramollissements hémorragiques.

3.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif** et recherche des **signes étiologiques** et des **complications**.

3.2.1 Modalités

Angio-TDM cérébrale veineuse et **angio-IRM cérébrale** veineuse : les performances des deux examens sont presque similaires.

	Points forts	Protocole
Angio-TDM cérébrale veineuse	Reconstructions vasculaires plus faciles	Acquisition sans injection puis après injection au temps veineux cérébral
Angio-IRM cérébrale veineuse	Bilan parenchymateux plus précis Examen non irradiant	Séquences axiales T1, T2, écho de gradient, FLAIR, diffusion et séquences après injection de gadolinium au temps veineux cérébral

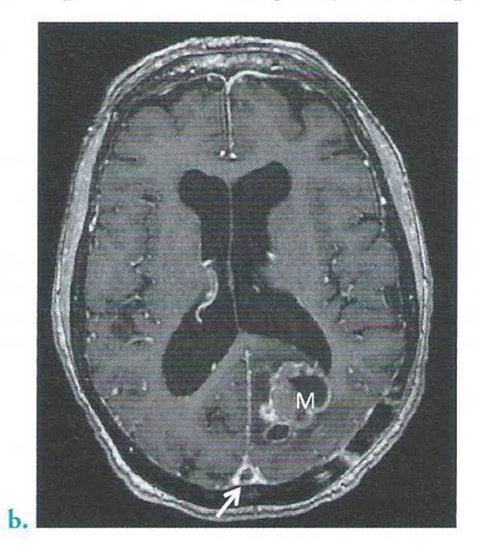
3.2.2 Signes positifs

		TDM	IRM
Signes directs : occlusion veineuse		Thrombus veineux spontanément hyperdense (inconstant) et hypodensité centrale du sinus ou d'une veine corticale après injection de produit de contraste	Iso- ou hypersignal T1 de la veine thrombosée Absence de flux dans la veine occluse après injection de produit de contraste
Signes indirects	**Infarctus veineux avec œdème vasogénique**	Hypodensité diffuse ou localisée non systématisée	Hypersignal T2 et FLAIR, augmentation de l'ADC, territoire non systématisé, parfois multiples
	Ramollissements hémorragiques	Spots d'hyperdensité spontanée	Spots d'hyposignal T2 écho de gradient
	Rupture de la barrière hémato-encéphalique	Prise de contraste gyriforme du territoire infarci	

3.2.3 Signes étiologiques

Recherche de signes en faveur d'une pathologie **tumorale** ou **infectieuse** locale *(voir dans le chapitre 16, « Tumeurs cérébrales primitives » page 329, et le chapitre 18 « Pathologie infectieuse » page 344).*

a.



b.

Figure 223 - Thrombophlébites cérébrales

a. TDM cérébrale avec injection de produit de contraste au temps veineux, reconstruction coronale. Défaut d'opacification du sinus latéral droit (flèche, regarder par rapport au côté controlatéral). Thrombophlébite du sinus latéral droit ; **b.** IRM cérébrale, coupe axiale, séquence T1 après injection de produit de contraste au temps veineux. Défaut d'opacification du sinus sagittal supérieur (flèche), à proximité d'une lésion arrondie hétérogène (« M »). Thrombophlébite du sinus sagittal supérieur chez un patient porteur d'une métastase cérébrale d'un cancer bronchique.

4 Hémorragie sous-arachnoïdienne (HSA) non traumatique

Elle est également appelée **hémorragie méningée**.

4.1 Physiopathologie

Elle se produit lors de la **rupture spontanée d'un anévrysme** artériel intracrânien ou d'une **malformation vasculaire** (malformation artério-veineuse, cavernome) provoquant une issue de sang dans les espaces sous-arachnoïdiens péri-encéphaliques.

Les complications sont **multiples** :

- **hydrocéphalie aiguë** par obstruction des voies de résorption ventriculaires secondaire au caillotage ;
- **infarctus cérébral** par un vasospasme réactionnel ;
- **récidive hémorragique**.

Dans le cas ou l'hémorragie sous-arachnoïdienne est associée à un hématome intraparenchymateux, on parle d'**hémorragie cérébro-méningée**.

4.2 Imagerie

Elle est réalisée pour confirmer le **diagnostic**, rechercher des **signes de gravité**, des **signes étiologiques**, et à visée **thérapeutique**.

4.2.1 Modalités

TDM cérébrale sans injection

Examen de **première intention**, sensible et spécifique pour le diagnostic positif et les complications. La TDM sans injection peut être complétée par une angio-TDM des vaisseaux cérébraux afin de déterminer l'origine de l'hémorragie (anévrysme, malformation artério-veineuse).

> **IMPORTANT**
> ***HSA et TDM normale***
> Une TDM cérébrale normale n'exclue pas une HSA (de faible abondance ou datant de plusieurs jours). Les capacités de détection de l'HSA au TDM sont maximales à J3, puis diminuent. Dans le cas d'une suspicion d'HSA récente avec TDM normal, il convient de réaliser une ponction lombaire à la recherche de stigmates hémorragiques dans le LCS.

IRM cérébrale

Ses performances sont supérieures à celles de la TDM (en séquences FLAIR et T2 écho de gradient, anomalies de signal persistant plus longtemps qu'à la TDM) au-delà de J3. L'angio-IRM cérébrale est parfois réalisée à visée étiologique.

Angiographie cérébrale

Elle est **réalisée en urgence** le plus souvent, après confirmation du diagnostic positif, à visée étiologique (recherche d'un ou plusieurs anévrysmes), préthérapeutique, ainsi que pour détecter des complications (vasospasme). L'angiographie cérébrale peut être normale initialement (en raison du vasospasme masquant l'anévrysme) et devra être dans ce cas répétée à quelques semaines.

4.2.2 Signes positifs

Hyperdensité spontanée (TDM), **hypersignal FLAIR** et **hyposignal T2 écho de gradient** (IRM) des **espaces sous-arachnoïdiens** : sillons corticaux de la convexité, vallées sylviennes, scissure inter-hémisphérique, citernes de la base.

4.2.3 Signes associés

Hématome intraparenchymateux en cas de rupture de malformation vasculaire *(voir « Hématome intracérébral non traumatique », page 318)*.

4.2.4 Signes étiologiques

- **Localisation préférentielle** de l'hémorragie : oriente vers le **siège de l'anomalie responsable** (hormis en cas d'HSA de grande abondance).
- **Anévrysme artériel** : parfois visible sans injection de produit de contraste, le plus souvent révélé par l'angio-TDM, l'angio-IRM ou l'angiographie. La localisation et la fonction par rapport aux bifurcations, la taille, le caractère fusiforme ou sacciforme et le nombre doivent être précisés.
- Association à un **hématome intraparenchymateux** en faveur d'une **malformation vasculaire** comme étiologie de l'hémorragie méningée.

4.2.5 Complications

Complications immédiates

- **Effet de masse et engagement cérébral.**
- **Hémorragie intraventriculaire** : hyperdensité spontanée (TDM) ou signal hémorragique (IRM), déclive, dans les ventricules cérébraux.
- **Hydrocéphalie aiguë** : dilatation tétraventriculaire et effacement de sillons corticaux.

Complications secondaires

- Vasospasme avec **ischémie secondaire** *(voir « Infarctus cérébral », page 313)*. La localisation des lésions ischémiques n'est pas toujours en rapport avec la localisation des anévrysmes.
- **Récidive hémorragique**.

a.

b.

c.

Figure 224 - Hémorragie sous-arachnoïdienne non traumatique

a. et b. TDM cérébrale sans injection, coupes axiales successives (vers le vertex) chez le même patient. Hyperdensités spontanées dans la tente du cervelet, les citernes de la base et les vallées sylviennes (flèches) ; c. TDM cérébrale après injection de produit de contraste au temps artériel, coupe axiale (même patient que a et b) : deux images d'addition révélant un anévrysme de la terminaison du tronc basilaire (flèche pleine) et un anévrysme de l'artère cérébrale moyenne (flèche pointillée).

Chapitre 15

Pathologies dégénératives et inflammatoires

Item n° 102. Sclérose en plaques
Item n° 106. Confusion, démences
Item n° 129. Troubles cognitifs du sujet âgé

1 Atrophie cérébrale et démences

1.1 Physiopathologie

Sous l'effet du vieillissement normal, de maladies dégénératives (Alzheimer, démence fronto-temporale...), de facteurs vasculaires ou autres (toxiques, métaboliques), il se produit :

- une **diminution du volume parenchymateux** (perte de trophicité cérébrale) ;
- une **augmentation de volume des espaces péricérébraux** et **ventriculaires** :
  - atrophie corticale : élargissement des sillons du cortex ;
  - atrophie sous-corticale : dilatation ventriculaire.

Selon les étiologies, l'atrophie peut être préférentiellement **localisée** dans certaines régions cérébrales (en particulier dans la démence d'Alzheimer) ou **diffuse**.

La limite entre une atrophie « physiologique » et « pathologique » au cours du vieillissement normal est parfois difficile à établir.

1.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif** d'atrophie et recherche des a**rguments étiologiques**.

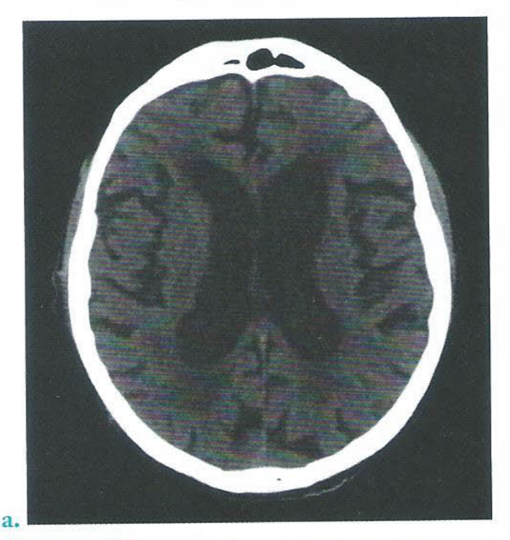
1.2.1 Modalités

IRM cérébrale

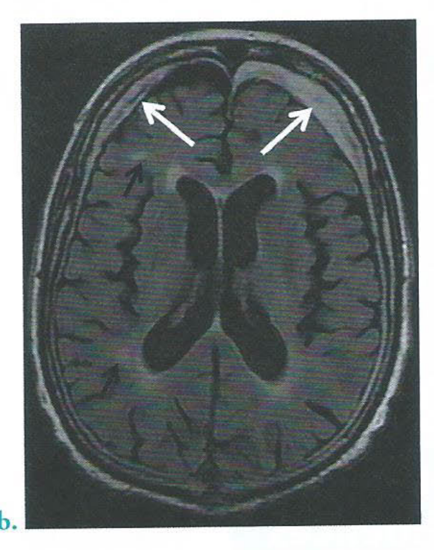
Elle est indiquée en **première intention** pour le bilan de démence. Elle est réalisée sans injection, avec des coupes coronales perpendiculaires aux hippocampes (recherche d'atrophie localisée).

TDM cérébrale

Elle est réalisée sans injection. Elle est moins performante que l'IRM et indiquée **uniquement en cas de non-disponibilité** ou de **contre-indication de l'IRM.**



a.



b.

Figure 225 - Atrophie cérébrale et démence
a. TDM cérébrale sans injection de produit de contraste, coupe axiale. Dilatation ventriculaire et distension des sillons corticaux secondaire à une atrophie parenchymateuse. Hypodensités périventriculaires évoquant une leucoaraiose ; b. IRM cérébrale, coupe axiale, séquence FLAIR. Collections sous-durales hyperintenses bi-hémisphériques, d'épaisseur plus importante en situation frontale (flèches blanches), hypersignaux punctiformes périventriculaires (flèches noires) : hématome sous-dural bifrontal chronique et leucoaraïose.

1.2.2 Signes positifs

Atrophie cérébrale : **élargissement des sillons corticaux** et des **citernes**, **dilatation ventriculaire** diffuse.

1.2.3 Signes étiologiques

En faveur d'une démence d'Alzheimer

Atrophie préférentielle des **lobes temporaux médiaux** avec atteinte précoce des **hippocampes**.

En faveur d'une démence fronto-temporale

Atrophie préférentielle des **lobes frontaux** et **temporaux antérieurs.**

En faveur d'une origine vasculaire

- **Leucoaraïose** (terme initialement employé en radiologie pour décrire une raréfaction de la substance blanche). Elle devient physiologique avec l'âge, mais augmente avec les facteurs de risque cardio-vasculaires : hypodensités (TDM) ou hypersignaux FLAIR (TDM) périventriculaires mal limités.
- **Séquelles d'accident vasculaire cérébral** *(voir le chapitre 14, page 313).*

1.2.4 Diagnostic différentiel

Démences « secondaires » dites neurochirurgicales « curables » :

- **hématome sous-dural chronique** : collection sous-durale hypodense (TDM) ou en hypersignal FLAIR (IRM) sans signe hémorragique récent ;
- **tumeurs frontales** dont méningiome *(voir « Tumeurs cérébrales primitives » page 329)* ;
- **hydrocéphalie chronique de l'adulte** : dilatation ventriculaire avec effacement des sillons corticaux, parfois hypodensité périventriculaire diffuse (secondaire à la majoration de la résorption transépendymaire).

2 Sclérose en plaque (SEP)

2.1 Physiopathologie

Elle est encore mal connue. Favorisée par des facteurs **environnementaux** et **génétiques**, il se produit une **destruction de la myéline du système nerveux central** (encéphale et moelle épinière) sous forme de lésions **multiples**, **circonscrites** et **disséminées**.
L'évolution est chronique, par poussées.

2.2 Imagerie

Elle aide au **diagnostic positif** et permet le **suivi**.

2.2.1 Modalités

IRM cérébrale et médullaire

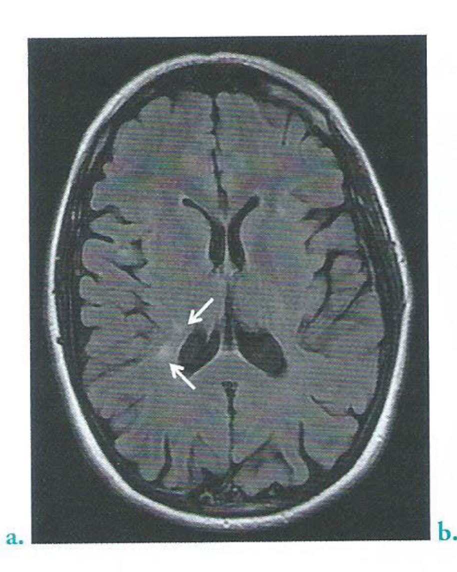
C'est un **examen de référence** qui participe au diagnostic positif et au suivi de la maladie. À la fois l'encéphale et la moelle épinière dans sa totalité doivent être explorés ; on les réalise avec des séquences FLAIR, de diffusion, et une injection de produit de contraste (permettant de distinguer les lésions anciennes des lésions récentes). L'IRM est un examen très sensible mais plusieurs critères doivent être réunis pour que sa spécificité soit également satisfaisante.

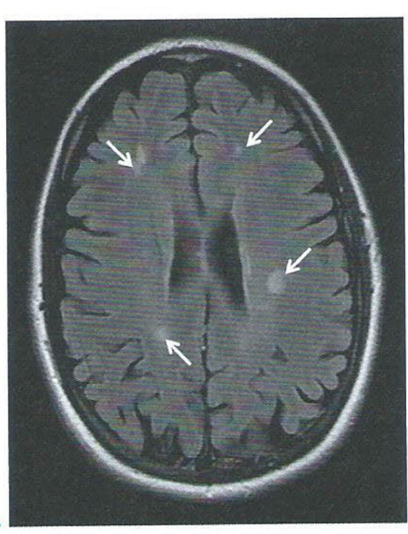
TDM cérébrale

Elle n'a **pas d'indication** hormis la recherche d'un diagnostic différentiel dans un contexte de déficit neurologique aigu, en urgence.

2.2.2 Signes positifs

- **Hypersignaux de la substance blanche** sur la séquence **FLAIR**, arrondis, de taille variable, sans effet de masse. Leur particularité est d'être localisés préférentiellement en situation **périventriculaire**, dans la **fosse postérieure** et dans la **moelle** (essentiellement cervicale).
- **Rehaussement des lésions récentes** après injection de produit de contraste.


a.


b.

c.

Figure 226 - Sclérose en plaques

IRM cérébrale (séquence Flair) et médullaire (séquence Stir) du même patient. a. et b. IRM cérébrale, coupes axiales successives (vers le vertex). Multiples hypersignaux arrondis de la substance blanche, de topographie préférentielle périventriculaire (flèches) ; c. IRM médullaire, coupe sagittale. Multiples hypersignaux intramédullaires cervicaux et thoraciques (flèches).

Pour aller plus loin

Critères IRM pour le diagnostic de SEP

Pour poser le diagnostic de SEP en IRM, les hypersignaux de la substance blanche doivent répondre aux critères (de Mc Donald) suivants de dissémination spatiale et temporelle. Ces critères ont pour but de distinguer des hypersignaux de SEP des hypersignaux vus dans la leucopathie vasculaire, voire dans le vieillissement normal.

Dissémination spatiale (au moins 3 critères)	Dissémination temporelle (au moins 1 critère)
Une lésion rehaussée par le gadolinium, ou 9 hypersignaux T2 en l'absence de lésion rehaussée	Une lésion rehaussée par le gadolinium 3 mois après l'installation des symptomes
Un hypersignal T2 infra-tentoriel ou du cordon médullaire ou plus	Une nouvelle lésion au moins 30 jours après l'examen de référence
Un hypersignal T2 juxta cortical ou plus	
Trois hypersignaux T2 périventriculaires ou plus	

Chapitre 16
Pathologie tumorale

Item n° 242. Adénome hypophysaire
Item n° 296. Tumeurs intracrâniennes

1 Tumeurs cérébrales primitives

1.1 Anatomopathologie et épidémiologie

Ce sont des tumeurs **rares**, bien **moins fréquentes que les lésions secondaires** (les tumeurs cérébrales représentent la treizième cause de cancer solide chez l'homme et la quartorzième chez la femme).
Elles ont une **grande variété histologique.** Cependant, la démarche diagnostique est orientée par la **localisation tumorale** (la plupart des tumeurs ont un site de développement préférentiel) et l'**âge** (répartition de types tumoraux très différente chez l'enfant et l'adulte).
Elles sont de développement **axial** (au sein du tissu cérébral : médulloblastome et tumeurs à cellules gliales) ou **extra-axial** (au sein du tissus péricérébraux : méningiome, neurinome, tumeurs sellaires...).
On distingue également les tumeurs **supratentorielles** (prédominant chez l'adulte) et **infratentorielles** (prédominant chez l'enfant).
Le tableau ci-dessous résume les types histologiques de tumeurs cérébrales primitives les plus fréquents chez l'enfant et chez l'adulte.

Enfant	Adulte
‣ Astrocytome cérébelleux ‣ Médulloblastome ‣ Épendymome du quatrième ventricule	‣ Tumeurs gliales : glioblastome, astrocytome, oligodendrogliome ‣ Méningiome ‣ Adénome hypophysaire ‣ Neurinome du VIII (huitième paire crânienne)

1.2 Imagerie

L'imagerie apporte des **éléments d'orientation** plus ou moins précis sur la nature de la tumeur (localisation, œdème périlésionnel, composante hémorragique ou calcique, prise de contraste...). Elle fait également le **bilan préopératoire** et la **surveillance** après traitement.

1.2.1 Modalités

TDM cérébrale

Réalisée sans et avec injection de produit de contraste, elle est largement **moins performante que l'IRM**, elle trouve cependant son utilité dans la détection des composantes calciques de tumeurs, et dans l'étude de la réaction osseuse à proximité du tissu tumoral.

IRM cérébrale

Elle comprend des séquences avec injection de produit de contraste et des séquences de diffusion. C'est **l'examen de référence** dans la plupart des cas, pour la caractérisation morphologique et le bilan précis de l'extension tumorale. Elle comprend des séquences de diffusion, de perfusion et de spectroscopie en plus des séquences morphologiques.

IMPORTANT

Imagerie cérébrale découvrant une lésion d'allure tumorale

Dans tous les cas, il faudra rechercher en urgence des signes d'effet de masse et d'engagement cérébral.

1.2.2 Résultats

La liste des types histologiques n'est pas exhaustive dans les tableaux suivants, où seules les tumeurs les plus fréquentes sont détaillées.

Tumeurs primitives supratentorielles

<table>
<tr><th>Type anatomo-pathologique</th><th>Localisation</th><th>Aspect TDM</th><th>Aspect IRM</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Méningiome (bénin)</td><td rowspan="2">Extracérébrale, implantée sur la dure-mère, les localisations les plus fréquentes sont :
- la convexité
- la faux du cerveau
- la lame criblée</td><td>Spontanément hyperdense, parfois isodense</td><td>Iso- ou hyposignal T1 et Iso- ou hypersignal T2</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Prise de contraste intense et homogène
- Multiple dans 10 % des cas
- Possible composante kystique ou calcifiée (appelé psamonome si complètement calcifié)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Astrocytome (risque de dégénérescence maligne)</td><td rowspan="2">Hémisphérique</td><td>Isodense ou hypodense</td><td>Discret hyposignal T1 et hypersignal T2</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Pas de prise de contraste
- Effet de masse variable</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Astrocytome anaplasique et glioblastome (malin)</td><td rowspan="2">Hémisphérique</td><td>- Densité variable
- Composante nécrotique hypodense centrale</td><td>- Hyposignal T1 et hypersignal T2
- Composante nécrotique en hypersignal T2 liquidien central</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Aspect infiltrant avec limites mal définies
- Remaniements hémorragiques possibles
- Prise de contraste hétérogène, parfois annulaire
- Effet de masse important</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Oligodendrogliome (bénin, risque de dégénérescence maligne)</td><td rowspan="2">Hémisphérique (souvent frontal ou fronto-pariétal)</td><td>Hypodensité sans prise de contraste</td><td>Hyposignal T2 et hypersignal T2</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Peu ou pas de prise de contraste
- Possibles calcifications intratumorales curvilignes et/ou remaniements hémorragiques</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Lymphome cérébral (malin)</td><td rowspan="2">- Localisation préférentielle périventriculaire
- Atteinte fréquente des noyaux gris centraux, du corps calleux</td><td>Isodense ou discrètement hyperdense</td><td>Hyposignal T1, iso- ou hypersignal T2</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Lésions unique ou multiples
- Prise de contraste variable (homogène ou en anneau)
- Souvent faible effet de masse au regard de la taille de la tumeur
- Franchissement possible de la ligne médiane</td></tr>
</table>

Creusons le sujet
Les tumeurs gliales

Schématiquement, on les classe en deux groupes évolutifs :

- gliomes de bas grade : astrocytome de grade I (pylocytique) et de grade II, digodentrogliome, oligoastrocytome ;
- gliomes de haut grade ; astrocytome anaplasique (grade III), glioblastome, oligodentrogliome anaplasique, digoastrocytome anaplasique.

En imagerie, les gliomes de haut grade présentent une prise de contraste, secondaire à la rupture de la barrière hémato-encéphalique.

Tumeurs infratentorielles

Type anatomopathologique	Localisation	Aspect TDM	Aspect IRM
Astrocytome pylocitique du cervelet (bénin)	Hémisphère cérébelleux (chez l'enfant)	Composante kystique hypodense	‣ Composante kystique en hypersignal T2 liquidien ‣ Composante charnue en hyposignal T1 et hypersignal T2
		Prise de contraste des parois du kyste	
Médulloblastome du cervelet (malin)	Vermis cérébelleux (chez l'enfant)	Isodense	Hyposignal T1, iso ou hypersignal T2
		‣ Prise de contraste intense ‣ Hydrocéphalie par obstruction du quatrième ventricule	
Neurinome des nerfs crâniens (bénin)	Du VIII : conduit auditif interne (le plus fréquent) Du V : pointe du rocher Des IX, X, X : foramen jugulaire	Lésion arrondie tissulaire bien limitée, de densité tissulaire	‣ Lésion arrondie bien limitée ‣ Iso- ou hyposignal T1 et hypersignal T2 modéré
		Prise de contraste homogène	
Hémangioblastome (bénin)	Tronc cérébral et cervelet	Composante kystique hypodense	Composante kystique en hypersignal T2 liquidien
		Nodules muraux prenant le contraste	
Épendymome (bénin ou malin)	Quatrième ventricule	Hypodense ou isodense	Hyposignal T1 et hypersignal T2
		‣ Parfois composante calcifiée ‣ Extension vers les citernes	
Gliome (malin)	Tronc cérébral	Isodense	Hyposignal T1 et hypersignal T2
		‣ Augmentation du volume du tronc cérébral ‣ Prise de contraste variable	
Lymphome, méningiome	Préférentiellement supratentorielle mais situation infratentorielle possible	*Voir « Tumeurs supratentorielles », page 330*	

Tumeurs de la région sellaire

Type anatomopathologique	Imagerie
Adénome hypophysaire (bénin)	IRM : examen de référence, séquences T2 et T1 sans et avec injection de gadolinium, en coupes coronales et sagittales centrées sur la selle turcique : – diagnostic positif : formation à point de départ intrasellaire, développée aux dépens de l'antéhypophyse – extension et bilan préthérapeutique : atteinte du chiasma optique et des sinus caverneux On parle de microadénome en cas de taille < à 1 cm
Craniopharyngiome (bénin)	‣ IRM/TDM ‣ Formation à point de départ en général suprasellaire ‣ Composante kystique dont les parois se rehaussent après injection de produit de contraste ‣ Calcifications suprasellaires très évocatrices

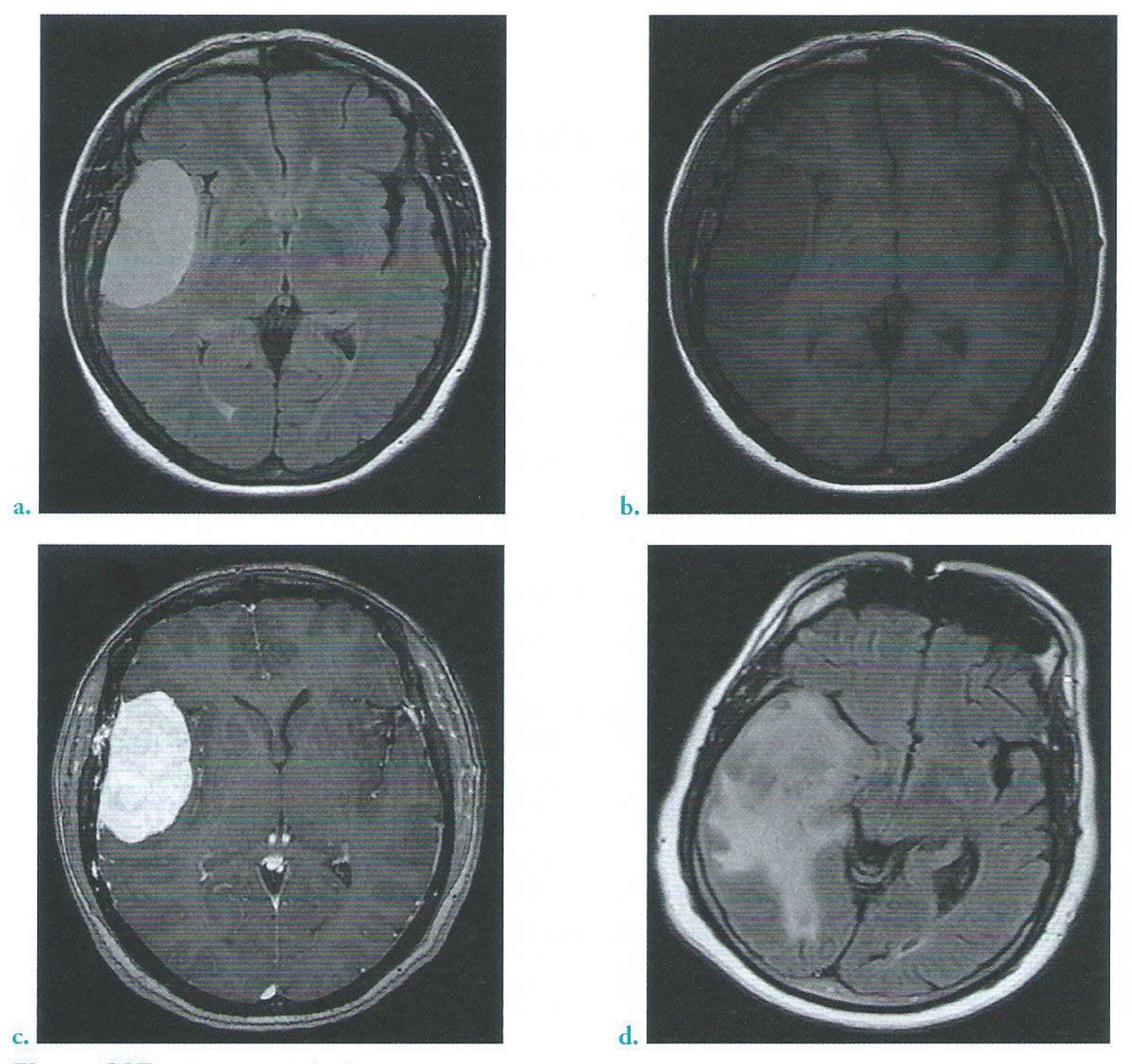


Figure 227 - Tumeurs cérébrales primitives

(Voir légendes page suivante.)

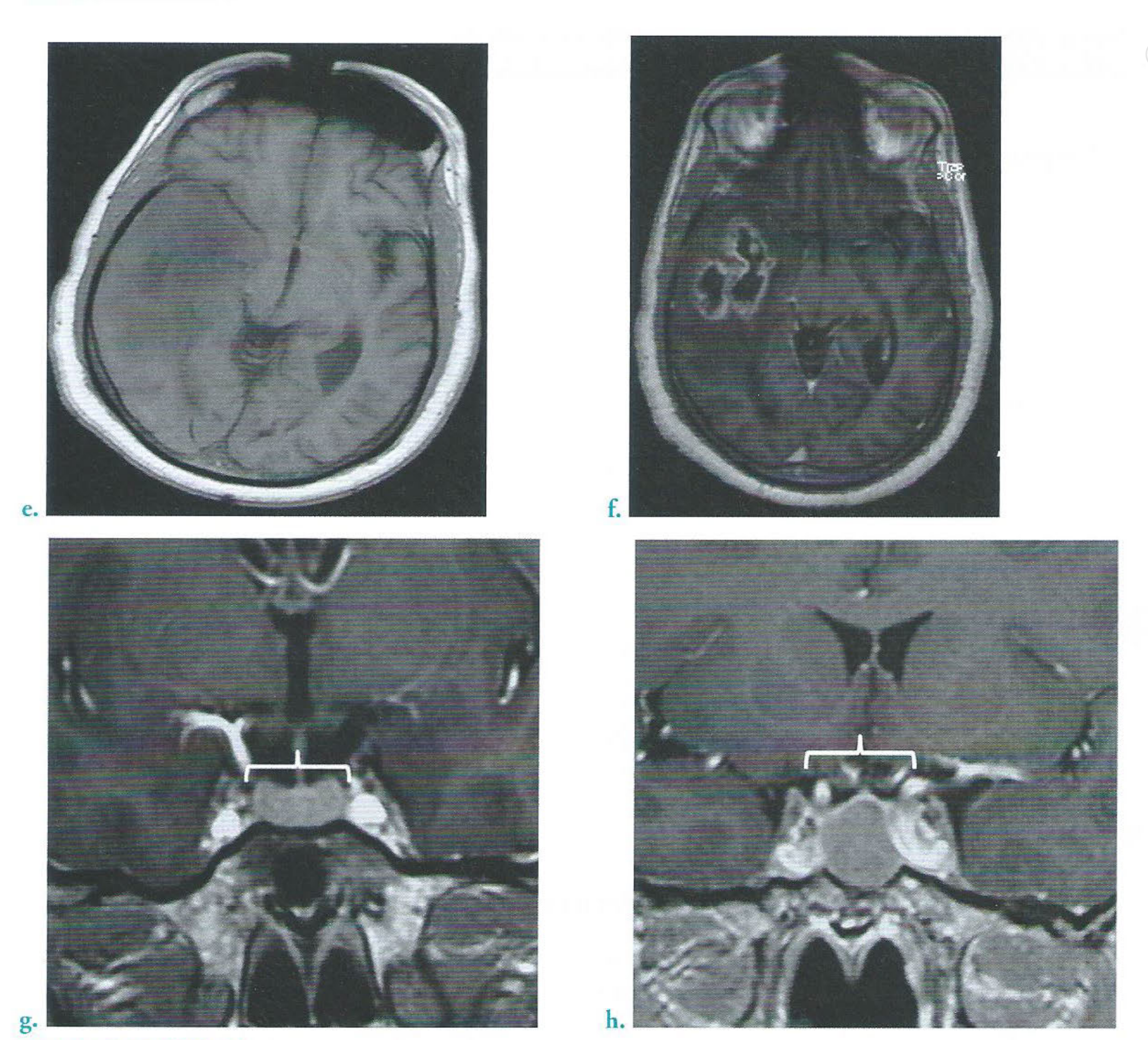


Figure 227 (suite) - Tumeurs cérébrales primitives

a. b. et **c.** IRM cérébrale en coupe axiale du même patient. Méningiome temporal droit ; **a.** séquence FLAIR : lésion bien limitée temporale droite en hypersignal à base d'implantation large extra-axiale ; **b.** séquence T1 sans injection de produit de contraste : la lésion apparaît en hyposignal modéré ; **c.** séquence T1 après injection de gadolinium. Rehaussement franc et homogène de la lésion ; **d. e.** et **f.** IRM cérébrale en coupe axiale du même patient. Glioblastome temporal droit ; **d.** séquence FLAIR : lésion mal limitée en hypersignal temporo-occipitale droite (la lésion tumorale est difficile à distinguer de l'hypersignal périlésionnel) ; **e.** séquence T1 sans injection de produit de contraste : la lésion apparaît en hyposignal ; **f.** séquence T1 après injection de gadolinium : prise de contraste périphérique de la lésion temporale droite, cernée d'hyposignal périlésionnel non rehaussé ; **g.** IRM cérébrale centrée sur l'hypophyse, séquence T1 après injection de produit de contraste, coupe coronale. Hypophyse normale (accolade) ; **h.** IRM cérébrale centrée sur l'hypophyse, séquence T1 après injection de produit de contraste, coupe coronale. Formation intrasellaire en hypersignal modéré bombante dans les citernes suprachiasmatiques (embrase) correspondant à un adénome hypophysaire.

2 Lésions cérébrales secondaires

2.1 Physiopathologie

Elles sont liées à la présence cellules malignes dotées d'une **capacité de métastases** au sein d'une tumeur primitive :

- **migration** dans la circulation systémique ;
- **passage du filtre pulmonaire** (métastase cérébrale souvent précédée d'une métastase pulmonaire) ;
- suivi du flux artériel cérébral et **fixation** dans les artères les plus **distales**, à la jonction entre substances blanche et grise.

Devant la découverte d'une lésion secondaire cérébrale, les tumeurs primitives les plus souvent retrouvées (par ordre décroissant) sont les suivantes : cancer **pulmonaire**, **mammaire**, et avec une fréquence équivalente : cancers **digestifs**, **urinaires**, et **mélanome**.
Les lésions cérébrales secondaires sont **plus fréquentes** que les tumeurs cérébrales primitives.

2.2 Imagerie

Elle fait le **diagnostic positif** dans le cadre d'un **bilan d'extension** ou de signes neurologiques chez un patient porteur d'un cancer connu. La découverte de lésions secondaires peut être également un **mode de révélation** de la maladie oncologique primitive.

2.2.1 Modalités

TDM cérébrale avec injection de produit de contraste

Souvent réalisée en **première intention** en raison de sa disponibilité, sa sensibilité est inférieure à celle de l'IRM pour la détection des localisations secondaires de petite taille.

IRM cérébrale avec injection de produit de contraste

Examen le **plus sensible** pour la détection des lésions de petite taille.

2.2.2 Signes positifs

- Lésions **arrondies** de taille **variable**, en général hypodenses (TDM), et en signal T1 et T2 variables (IRM), présentant une **prise de contraste nodulaire** quasi constante, souvent situées à la **jonction substance blanche/substance grise**.
- Fréquente couronne d'**œdème périlésionnel** hypodense (TDM), ou en hypersignal T2 ou FLAIR (IRM).

2.2.3 Complications

Effet de masse et **engagement cérébral**.

Pour aller plus loin

Localisation extra-axiale des métastases cérébrales

Dans certains cas, les métastases cérébrales peuvent se développer sur les enveloppes méningées (visibles dans les citernes de la base, la scissure inter-hémisphériques, les sillons corticaux) ou sur les parois ventriculaires.

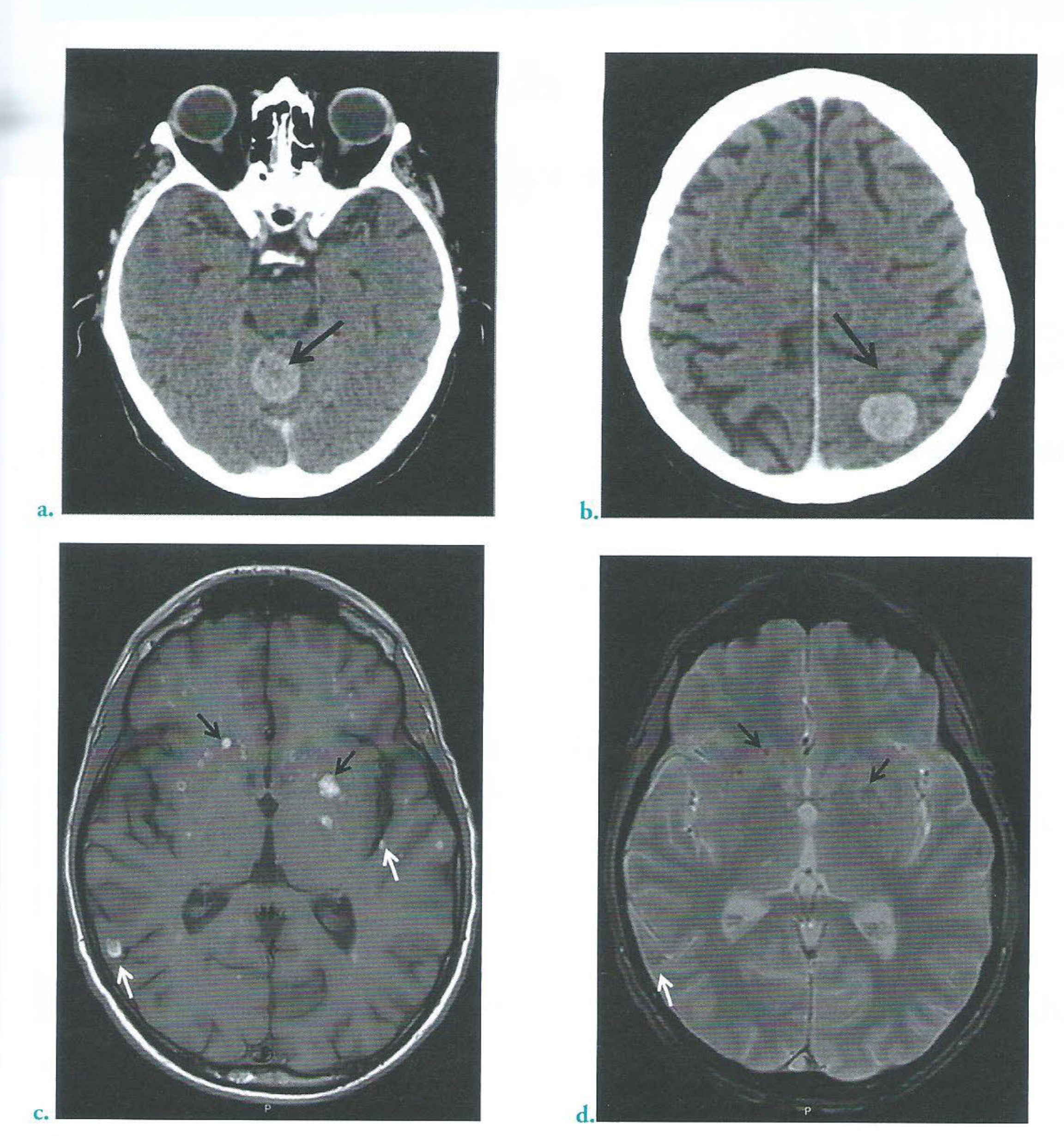


Figure 228 - Lésions cérébrales secondaires

a. et b. TDM cérébrale (même patient, coupes successives vers le vertex) après injection de produit de contraste, coupes axiales : a. lésion nodulaire cérébelleuse (flèche), rehaussée après injection de produit de contraste (était hypodense avant injection) ; b. lésion nodulaire pariétale gauche, rehaussée après injection de produit de contraste (était hypodense avant injection). Hypodensité péri-lésionnelle (flèche) témoignant de l'œdème péritumoral. Il s'agissait de localisations secondaires d'un cancer broncho-pulmonaire. c. et d. IRM cérébrale (même patient), coupes axiales. c. Séquence T1 (sans injection de gadolinium). Multiples hypersignaux corticaux (exemples, flèches blanches) et des noyaux gris centraux (exemples, flèches noires). d. Séquence T2 écho de gradient. La plupart des hypersignaux T1 apparaissent en hyposignal (flèches). Il s'agissait de localisations secondaires d'un mélanome.

Chapitre 17
Pathologie traumatique

1 Généralités

1.1 Anatomie et mécanismes

Les traumatismes crâniens, isolés ou associés à des polytraumatismes sont des situations cliniques courantes dans les services d'urgence.

Anatomiquement, on distingue **deux types de lésions** :

- les lésions **axiales** : du parenchyme cérébral ;
- les lésions **extra-axiales** : des espaces péricérébraux.

Il existe d'autre part **deux mécanismes lésionnels** initiaux :

- les lésions par **choc direct** qui se produisent en regard du point d'impact. Il s'agit de plaies cutanées, de fractures osseuses, d'hématomes extraduraux le plus souvent ;
- les lésions d'**accélération** ou de **décélération** : ce sont des lésions focales comme des hématomes sous-duraux ou intraparenchymateux, ou des lésions diffuses (contusions parenchymateuses, déchirures axonales).

Secondairement peuvent apparaître d'autres lésions cérébrales, dues à l'**hypertension intracrânienne**, ou à des **désordres métaboliques**.

1.2 Utilité de l'imagerie

L'imagerie fait le **diagnostic lésionnel** et permet le **suivi**.

Lorsqu'un saignement intracrânien post-traumatique est suspecté, il faut pratiquer une **TDM sans injection**, afin de mettre en évidence une **hyperdensité spontanée** secondaire à la présence de sang frais dans le parenchyme cérébral ou dans les espaces péricérébraux.

La visualisation en **fenêtrage osseux** est indispensable afin de rechercher une fracture du crâne ou du massif facial dans ce contexte de traumatisme.

On y associe souvent une **exploration du rachis cervical** en cas de traumatisme de haute énergie.

L'**IRM** est peu utile en **phase aiguë**, elle est cependant beaucoup plus sensible que la TDM pour la détection des lésions de cisaillement axonal diffus et peut être réalisée dans un **second temps**.

Par ailleurs, les **radiographies de crâne**, longtemps réalisées dans les bilans de traumatisme crânien, **n'ont plus leur place**. En effet, il est démontré que la présence d'une fracture crânienne a une faible valeur prédictive positive pour la présence d'une lésion intracrânienne, et que, a contrario, les lésions intracrâniennes ne s'accompagnent pas de fracture crânienne dans la majorité des cas.

2 Lésions péricérébrales

IMPORTANT
Méninges crâniennes

Les méninges sont constituées de trois feuillets, qui sont, de l'extérieur (au contact de la voute crânienne) vers l'intérieur (au contact du parenchyme cérébral) :

- la dure-mère : feuillet fibreux épais, très adhérent à la face interne du périoste, dont les replis forment la tente du cervelet et la faux du cerveau, elle est aussi appelée pachyméninge ;
- l'arachnoïde : tapissant la face interne de la dure-mère et émettant des expansions vers la dure-mère semblables à des toiles d'araignée ;
- la pie-mère : elle tapisse la face externe du parenchyme cérébral, en épousant étroitement ses scissures et circonvolutions.

Arachnoïde et pie-mère sont souvent regroupées sous le terme de leptoméninges.
Le liquide cérébrospinal circule entre l'arachnoïde et la pie-mère.

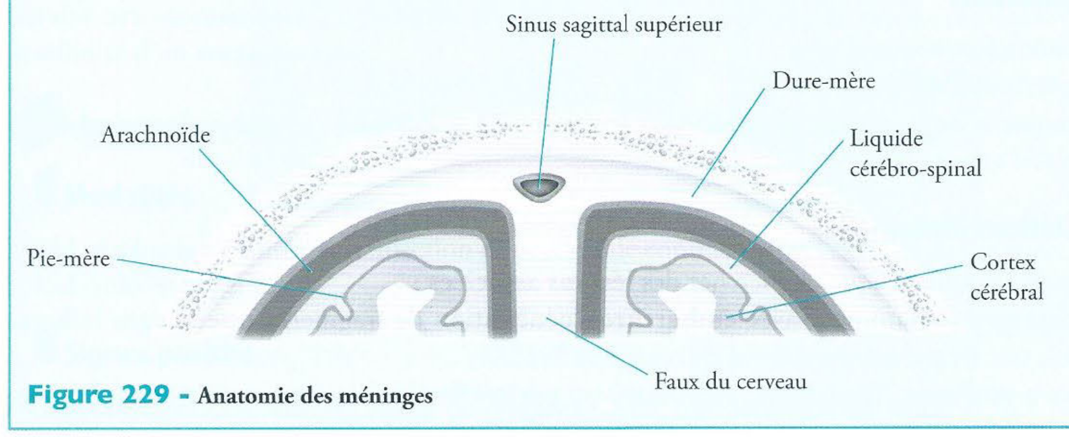


Figure 229 - Anatomie des méninges

2.1 Hématome extradural (HED)

2.1.1 Physiopathologie

L'HED est la conséquence d'un traumatisme crânien. Il est caractérisé par :

- une **déchirure vasculaire** d'origine **artérielle** le plus souvent (lésion de l'artère méningée moyenne) ou veineuse (lésion d'un sinus veineux ou d'une veine de la diploé) ;
- une accumulation de sang **entre la voute crânienne et la dure-mère** ;
- une **augmentation du volume intracrânien** dans la boîte crânienne inextensible ;
- un risque d'**hypertension intracrânienne** et **d'engagement cérébral**.

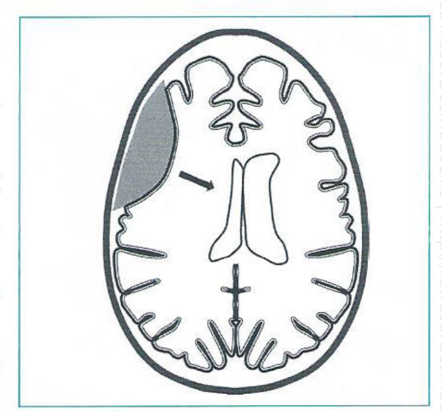


Figure 230 - Hématome extradural
Collection en forme de lentille biconvexe, avec effet de masse (flèche) : effacement du ventricule latéral homolatéral et déviation de la ligne médiane.

La forme typique de **lentille biconvexe** de l'HED s'explique par la présence d'adhérence de la dure-mère qui empêche son extension.

De même, l'insertion dure-mérienne aux sutures empêche l'extension de l'hématome extradural au-delà d'une suture.

2.1.2 Imagerie

Modalité

TDM cérébrale : réalisée sans injection de produit de contraste, c'est l'examen **de première intention**, le seul utile en urgence.

Signes positifs

- Collection péricérébrale ayant la forme d'une **lentille à bords biconvexes, spontanément hyperdense**, homogène ou discrètement hétérogène.
- **Pas de dépassement** des sutures osseuses.
- Localisation préférentielle **temporale** et/ou **pariétale**.

Complications

Hypertension intracrânienne avec :
- **œdème périlésionnel** ;
- **effet de masse** et **engagement cérébral** *(voir le chapitre 13, « Prérequis : sémiologie neurologique en TDM et IRM », page 312)*.

Associations lésionnelles

Dans un contexte traumatique, rechercher des **lésions associées** :
- **fracture osseuse** (notamment avec **embarrure** : pénétration de fragments osseux dans la boîte crânienne), très fréquente, en général en regard de l'HED ;
- **autre lésion cérébrale** (hématome, contusion) ou **péricérébrale** (hématome sous-dural, hémorragie méningée).

a.

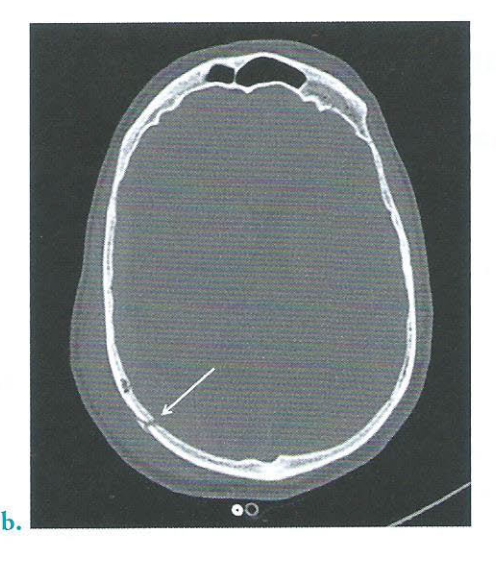
b. 

Figure 231 - Hématome extradural
TDM cérébrale sans injection (même patient) : **a.** reconstruction coronale, fenêtre parenchymateuse. Hyperdensité spontanée en lentille biconvexe pariéto-occipitale droite et épaississement des parties molles en regard : HED pariétal droit avec hématome sous-cutané ; **b.** coupe axiale, fenêtre osseuse : fracture de l'os pariétal droit (flèche).

2.2 Hématome sous-dural (HSD)

2.2.1 Physiopathologie

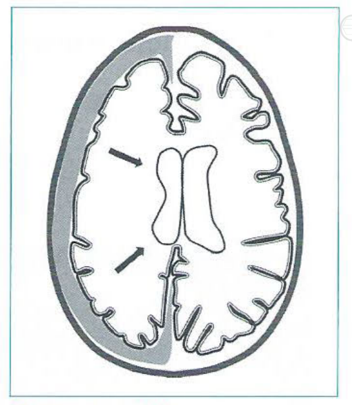


Figure 232 - Hématome sous-dural
Collection hémisphérique droite, en croissant, exerçant un effet de masse : effacement du ventricule latéral homolatéral, déviation de la ligne médiane.

L'HSD est la conséquence d'un traumatisme crânien, caractérisé par :
- une **rupture vasculaire** d'origine en général **veineuse** (veine cortico-durale) ;
- une accumulation de sang **entre la dure-mère et l'arachnoïde** ;
- une **augmentation du volume intracrânien** dans la boîte crânienne inextensible ;
- un risque d'**hypertension intracrânienne et d'engagement cérébral**.

Contrairement à l'HED, l'HSD peut s'étendre au-delà d'une suture osseuse. L'hématome peut évaluer sur le **mode chronique**, en s'organisant sous forme d'une collection sous-durale, cloisonné par des membranes sous-durales très vascularisées. La présence de ces membranes explique la possibilité d'un **resaignement**.

2.2.2 Imagerie

Modalités

TDM cérébrale : réalisée sans injection de produit de contraste ; c'est l'examen de première intention, le seul utile en urgence.

Signes positifs

- Collection péricérébrale en forme de **croissant**, avec une **face externe nette** et une face interne pouvant prendre un **aspect ondulé**.
- Elle est :
  - **hyperdense** à la phase **aiguë** (accumulation de sang frais) ;
  - **isodense** au parenchyme cérébral en phase subaiguë, au bout de dix jours, pouvant être difficile à individualiser ;
  - **hypodense** en phase **chronique** (après plus de deux semaines). Il peut se produire un **resaignement**, suspecté devant une hyperdensité spontanée réapparaissant au sein d'une collection sous-durale hypodense.
- Elle **peut dépasser** les sutures des os du crâne.
- Elle peut être **hémisphérique**, voire bi-hémisphérique.
- Elle peut également être **inter-hémisphérique** ou intéresser la **tente du cervelet**.

Creusons le sujet
HSD aigu peu dense

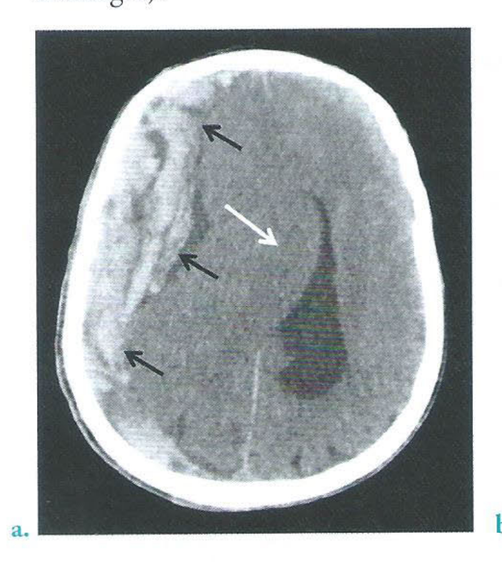
Cette situation peut se produire chez un patient présentant une anémie, puisque c'est le contenu en hémoglobine du sang frais qui produit l'hyperdensité.

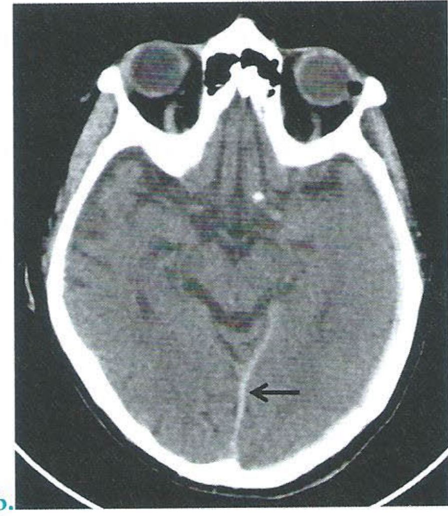
Complications

Hypertension intracrânienne avec :
- **œdème périlésionnel** ;
- **effet de masse** et un **engagement cérébral**.

Associations lésionnelles

Dans un contexte traumatique, rechercher des **lésions associées** :
- **fracture osseuse**, rarement au contraire de l'HED ;
- **autre lésion cérébrale** (hématome, contusion) ou **péricérébrale** (hématome extradural, hémorragie méningée).


a.


b.

c.

Figure 233 - Hématomes sous-duraux
TDM cérébrale sans injection, coupes axiales : a. collection sous-durale hémisphérique droite spontanément hyperdense, hétérogène, effaçant le ventricule latéral homolatéral, et déviant la ligne médiane (flèche), réalisant un engagement sous falcoriel ; b. hyperdensité spontanée linéaire de la tente du cervelet (flèche) : hématome sous-dural de la tente ; c. collection sous-durale hémisphérique droite, hypodense, avec dépôt déclive hyperdense (flèche) : aspect d'hématome sous-dural chronique avec resaignement.

2.3 En résumé : comparaison HED et HSD à la phase aiguë

	HED	HSD
Définition anatomique	Accumulation de sang entre l'os et le feuillet externe de la dure-mère	Accumulation de sang entre le feuillet interne de la dure-mère et l'arachnoïde
Étiologie	Saignement artériel dans 90 % des cas	Saignement veineux
Localisation	Ne dépasse pas les sutures	Peut dépasser les sutures
Forme	Lentille biconvexe	Croissant
Signes associés	Fractures osseuses fréquentes	Fractures osseuses rares

2.4 Hémorragie sous-arachnoïdienne (HSA) traumatique

L'HSA est aussi appelée **hémorragie méningée.**

2.4.1 Physiopathologie

Elle est la conséquence d'un traumatisme crânien, et se manifeste par :

- la **rupture d'un vaisseau** sanguin intracrânien **cortical** ;
- l'apparition d'un épanchement de sang **dans le liquide cérébro-spinal** des citernes arachnoïdiennes de la base du crâne et de la convexité cérébrale ;
- une **augmentation du volume intracrânien** dans la boîte crânienne inextensible ;
- un risque d'**hypertension intracrânienne**.

Il existe d'autre part un risque d'**hydrocéphalie aiguë**, secondaire au blocage de la circulation du liquide cérébro-spinal par le caillotage.

2.4.2 Imagerie

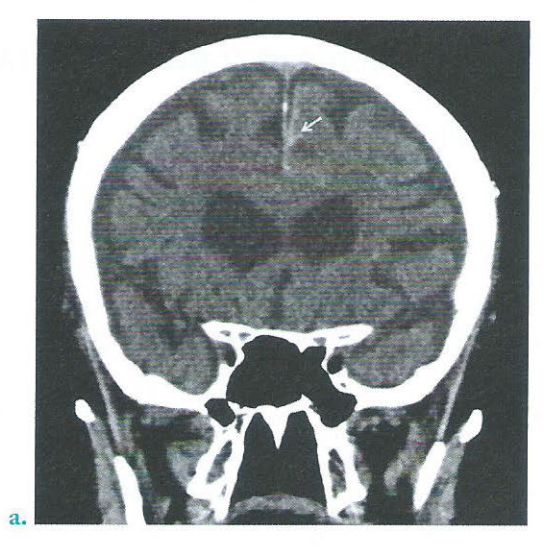
Modalités

TDM cérébrale sans injection de produit de contraste : c'est l'examen le plus sensible en phase aiguë et le seul indiqué.

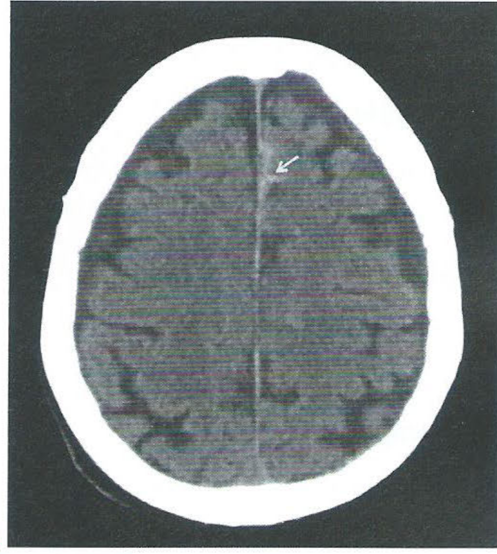
Signes positifs

Hyperdensité spontanée dans les **espaces sous-arachnoïdiens** :

- **citernes de la base** : interpédonculaire (retrouvé essentiellement dans les étiologies traumatiques d'HSA par rapport aux étiologies non traumatiques), prépontique, quadrijumelle ;
- **vallées sylviennes**,
- **scissure interhémisphérique** ;
- **sillons** corticaux **de la convexité**.



a.



b.

Figure 234 - Hémorragie sous-arachnoïdienne traumatique
TDM cérébrale sans injection (même patient) révélant une HSA post-traumatique : hyperdensité spontanée de la scissure inter-hémisphérique (flèches) : a. reconstruction coronale ; b. coupe axiale.

Complications

- **effet de masse** et **engagement cérébral** ;
- **hémorragie intraventriculaire** et **hydrocéphalie aiguë** : dilatation ventriculaire diffuse associée à un effacement des sillons corticaux.

Signes associés

Lésions découlant du même mécanisme traumatique :

- **hématome intraparenchymateux** (très souvent) ;
- **fracture** du crâne ou du massif facial ;
- **HSD, HED.**

3 Lésions intracérébrales

3.1 Hématome et contusion intracérébrale

3.1.1 Physiopathologie

Hématome et contusion cérébrale sont les conséquences d'un traumatisme crânien, caractérisés par :

- un **cisaillement des artères et des veines** parenchymateuses profondes ;
- une accumulation de sang au sein du **parenchyme cérébral**, associé à un **œdème périlésionnel** ;
- une **augmentation du volume intracrânien** dans la boîte crânienne inextensible ;
- un risque d'**hypertension intracrânienne** et **d'engagement cérébral**.

3.1.2 Imagerie

Modalités

TDM cérébrale réalisée sans injection de produit de contraste : c'est l'examen de première intention et seul utile en urgence.

Signes positifs

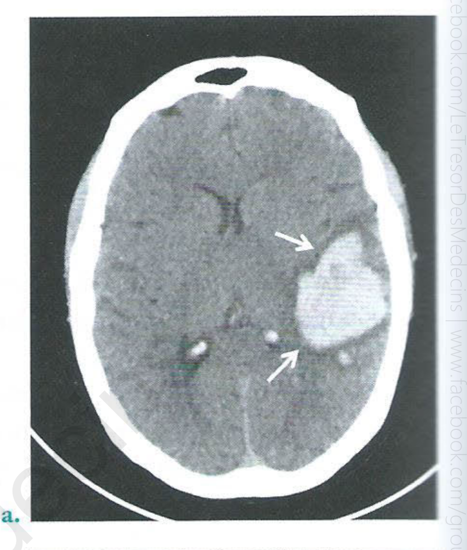
Hyperdensité spontanée intraparenchymateuse, de taille et de localisation variables.

Complications

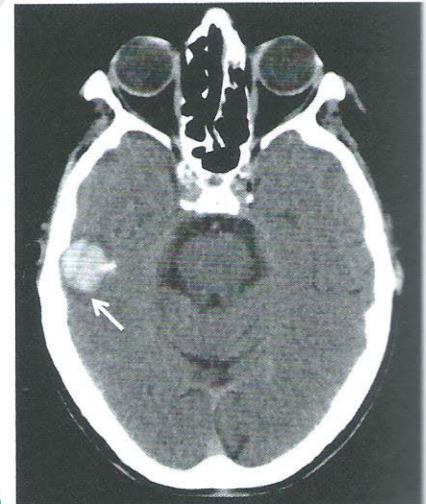
- **Hypertension intracrânienne** :
  - œdème périlésionnel ;
  - effet de masse et engagement cérébral.
- **Hémorragie intraventriculaire** : hyperdensité spontanée déclive intraventriculaire.

Signes associés

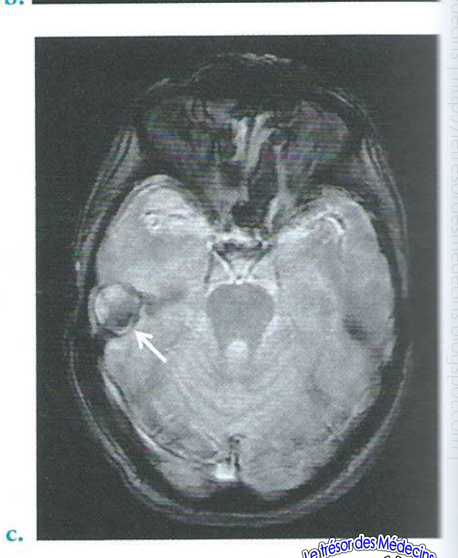
- **Fracture** du crâne ou du massif facial.
- **Autres lésions hémorragiques** : HED, HSD, HSA.



a.



b.

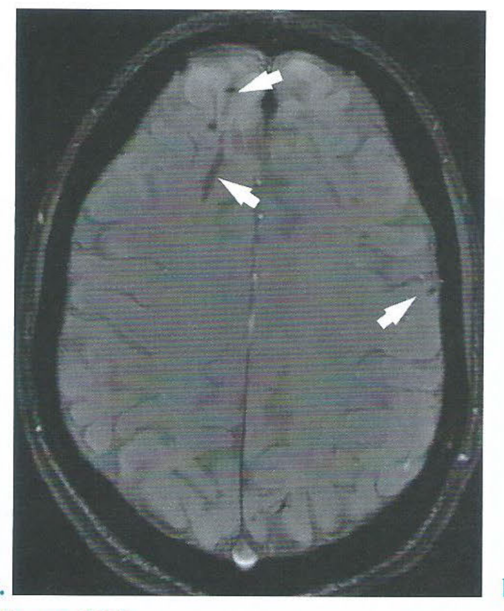


c.

Figure 235 - Hématomes intracérébraux post-traumatiques
a. TDM cérébrale sans injection, coupe axiale. Hyperdensité spontanée temporo-pariétale gauche, avec couronne hypodense (flèches). Hématome intraparenchymateux avec œdème périlésionnel ; **b.** TDM cérébrale sans injection, coupe axiale. Hyperdensité spontanée temporale droite, avec couronne hypodense (flèche). Hématome intraparenchymateux avec œdème périlésionnel ; **c.** IRM cérébrale coupe axiale, séquence T2 écho de gradient (même patient que b). Couronne d'hyposignal (flèche) signant la présence d'un hématome.

3.2 Lésions axonales diffuses

Ce sont des lésions de petite taille (quelques millimètres), prédominant à la jonction substance blanche-substance grise, épargnant le cortex, secondaires à des forces de cisaillement fréquemment sous-estimées en imagerie. Le plus souvent elles ne sont pas hémorragiques et sont difficilement visibles en TDM, quoique fréquemment responsables de troubles de la conscience. Elles sont visibles en IRM sous forme d'hypersignaux T2 punctiformes (ou hyposignal T2 écho de gradient si hémorragiques).


a.

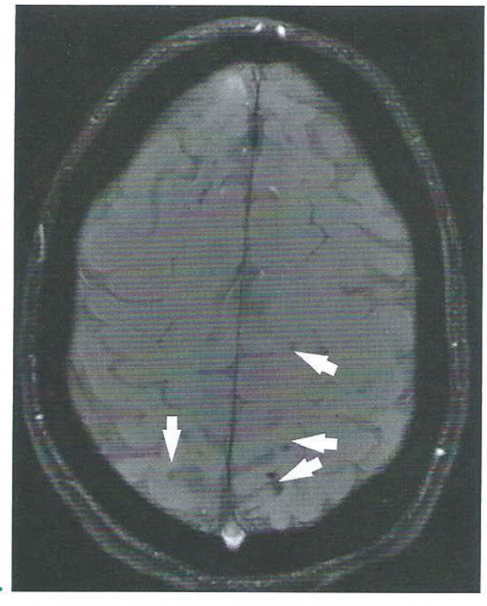

b.

Figure 236 - Lésions axonales diffuses hémorragiques
a. et b. IRM cérébrale séquence T2 écho de gradient haute résolution, coupes axiales successives vers le vertex chez le même patient. Multiples hyposignaux (exemples : flèches) punctiformes ou linéaires, prédominant à la jonction substance blanche-substance grise.

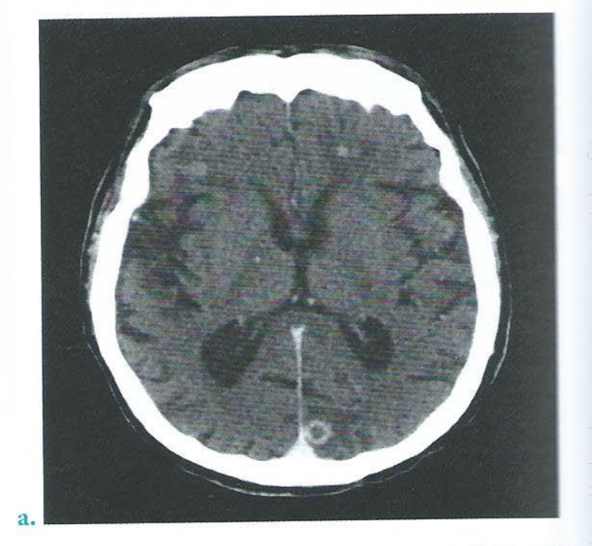
Chapitre 18
Pathologie infectieuse

Item n° 148. Méningites, méningoencéphalites chez l'adulte et l'enfant

1 Abcès intracérébral

1.1 Physiopathologie

L'abcès intracérébral est secondaire à un foyer infectieux de contiguïté (sinusite, otite moyenne aiguë), à une bactériémie (endocardite, infection pulmonaire), plus rarement à une brèches intracrânienne :
- **contamination parenchymateuse** ;
- **encéphalite présuppurative** ; puis
- suppuration locale : organisation sous forme d'une **collection intraparenchymateuse** ;
- **œdème périlésionnel** avec risque d'**hypertension intracrânienne**.


a.

1.2 Imagerie

L'imagerie **met en évidence** les abcès (taille, nombre, localisation). Elle permet la recherche de **complications** et le **suivi** évolutif.

1.2.1 Modalités

TDM cérébrale

Avec injection de produit de contraste : l'examen est facilement disponible, mais la **sensibilité reste inférieure à celle de l'IRM**.

IRM cérébrale

Avec injection de produit de contraste : elle est **plus précocement sensible**, avec une visibilité de lésions de plus petite taille. La séquence de diffusion permet d'aider à distinguer abcès et métastase cérébrale en cas de doute diagnostique.

b.

Figure 237 - Abcès intracérébraux
TDM cérébrale après injection de produit de contraste, coupes axiales successives (vers le vertex) du même patient. Multiples prises de contraste annulaires, cernées d'une hypodensité périlésionnel témoignant de l'œdème.

1.2.2 Signes positifs

- Lésion **unique** ou **multiple**, de **taille variable**.
- Hypodensité centrale (TDM), hyposignal T1 et hypersignal T2 (IRM) avec **prise de contraste périphérique** annulaire (« en cocarde »), non spécifique (diagnostic différentiel avec des métastases cérébrales).

1.2.3 Signes étiologiques

- **Infection sinusienne** : comblement cavitaire du sinus impliqué.
- **Infection de l'oreille moyenne** : comblement de la caisse du tympan, des cellules mastoïdiennes.

1.2.4 Complications

- **Œdème périlésionnel** et **effet de masse**.
- **Extension du processus infectieux** vers les ventricules et ou les espaces sous-arachnoïdiens : prises de contraste méningées ou des parois ventriculaires.

IMPORTANT

Cas particulier des abcès toxoplasmiques intracérébraux

Ils surviennent chez les sujets immunodéprimés, par contamination hématogène. Ils se développent à la jonction cortico-sous-corticale, et dans les noyaux gris de la base. Ils sont le plus souvent multiples. En IRM, on observe un hyposignal T1 avec rehaussement annulaire après injection de produit de contraste. En séquence FLAIR, la lésion elle-même est hypo-intense, cernée par un hypersignal témoignant de l'œdème périlésionnel.

a.

b.

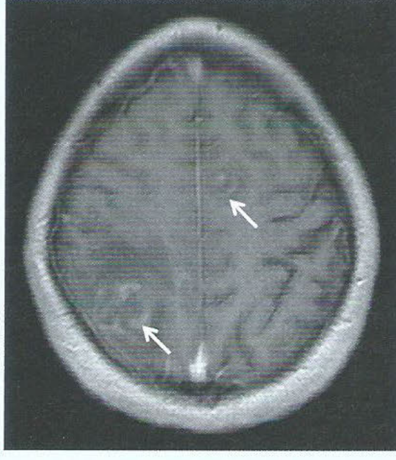

c.

Figure 238 - Abcès toxoplasmiques intracérébraux
IRM cérébrale en coupes axiales : **a.** séquence FLAIR : deux lésions arrondies en hyposignal cernées d'un hypersignal étendu (œdème périlésionnel) ; **b.** séquence T1 avant injection de gadolinium. Les lésions et l'œdème apparaissent en hyposignal ; **c.** séquence T1 après injection de gadolinium. Prise de contraste annulaire des deux lésions (flèches).

2 Empyème intracrânien

2.1 Physiopathologie

C'est une **collection extracérébrale septique**, pouvant être :

- **sous-durale** (entre la dure-mère et l'arachnoïde), secondairement à une infection **sinusienne**, souvent par l'intermédiaire d'une thrombophlébite septique. C'est le cas le plus fréquent ;
- **extradurale** (entre la dure-mère et la voûte crânienne), secondairement à un geste **chirurgical** ou une **infection de l'oreille moyenne**.

Les bactériémies pouvant être à l'origine d'abcès intraparenchymateux ne sont pas responsables d'empyème.

2.2 Imagerie

2.2.1 Modalités

TDM cérébrale

Avec injection de produit de contraste, cet examen est souvent réalisé en première intention, mais est **moins performant que l'IRM**.

IRM cérébrale avec injection de produit de contraste

Elle est plus précocement sensible que la TDM, pour la détection de l'empyème et la mise en évidence des complications, **à privilégier** si elle est possible.

2.2.2 Signes positifs

Empyème sous-dural

Collection **sous-durale** hypodense (TDM), en hyposignal T1 et hypersignal T2 (IRM) en croissant, avec **rehaussement périphérique** après injection de produit de contraste.

Empyème extradural

Collection **extradurale** présentant une prise de contraste périphérique intense.

2.2.3 Signes étiologiques

- **Infection sinusienne** : comblement cavitaire du sinus impliqué.
- **Infection de l'oreille moyenne** : comblement de la caisse du tympan, des cellules mastoïdiennes.

2.2.4 Complications

- Contamination parenchymateuse avec formation d'abcès intracérébraux *(voir « Abcès intracérébral », page 344)*.
- **Œdème périlésionnel**, **effet de masse** souvent important par rapport à la taille de la collection.
- **Thrombophlébite** *(voir « Thrombophlébite cérébrale », page 320)*.

3 Encéphalite herpétique

3.1 Physiopathologie

Elle est secondaire à une **réactivation** du virus HSV quiescent ou à une **primo-infection** avec :
- un **ensemencement parenchymateux** cérébral, de localisation préférentielle **fronto-temporale** (mécanisme non élucidé) ;
- une **nécrose** de la substance blanche et de la substance grise, secondairement **hémorragique**.

L'encéphalite herpétique est l'encéphalite virale la plus fréquente dans les pays occidentaux. Les autres étiologies sont plus rares (VZV, CMV…).

3.2 Imagerie

Elle présente des **arguments morphologiques** pour le diagnostic, qui sera affirmé par la mise en évidence du virus HSV dans le liquide cérébro-spinal. Elle recherche des **complications**.

3.2.1 Modalités

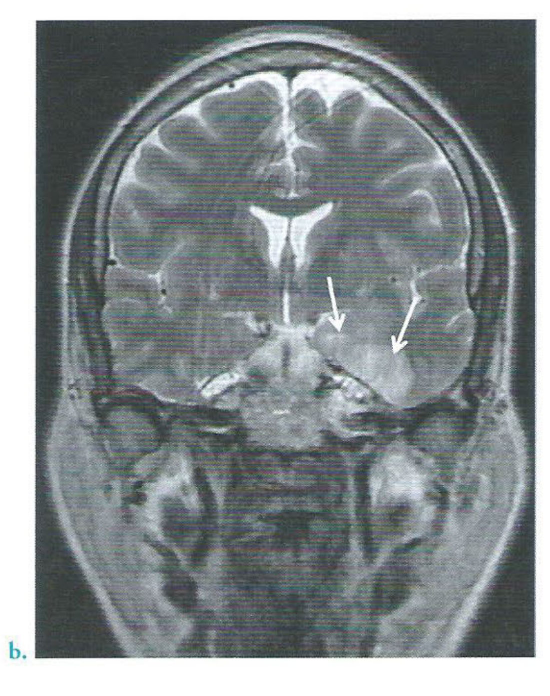
TDM cérébrale

Étant donné sa faible sensibilité comparativement à l'IRM, elle est **réservée aux contre-indications de l'IRM** ou aux cas de non-disponibilité.

IRM cérébrale

C'est **l'examen de première intention**, précocément sensible.

a.



b.

Figure 239 - Encéphalite herpétique

IRM cérébrale. Hypersignal temporal antéro-interne gauche (flèches). Artéfacts cinétiques sur les deux images (patient agité) : a. coupe axiale, séquence Flair ; b. coupe coronale, séquence T2.

3.2.2 Signes positifs

- Plages **hypodenses** (TDM) ou en **hypersignal T2** et **FLAIR** (IRM), initialement **temporales antérieures**, uni- puis bilatérales, asymétriques.
- **Progression** vers les régions temporales moyennes et interne, les gyrus angulaires et les lobes frontaux.

3.2.3 Complications

- **Œdème périlésionnel** et **effet de masse** avec déplacement de la ligne médiane.
- Apparition secondaire d'une **composante hémorragique** (hyperdensité spontanée en TDM, hyposignaux T2 écho de gradient en IRM).

Pour aller plus loin

Méningite aiguë et imagerie

Devant un tableau typique de méningite, la ponction lombaire est une urgence et l'imagerie n'est pas indiquée. Dans des cas particuliers (patient immunodéprimé, antécédents neurochirurgicaux, signes neurologiques focaux, troubles de conscience, crise d'épilepsie), une TDM cérébrale doit être réalisée afin d'éliminer une contre-indication à la ponction lombaire (effet de masse). Attention cependant au risque de retarder exagérément le traitement !
Dans un second temps, l'imagerie (IRM préférée à la TDM) permet le diagnostic des complications lorsque la méningite traitée n'évolue pas favorablement : abcès et empyème cérébraux, thrombophlébite, vascularite…

Chapitre 19
Compression médullaire

Item n° 91. Compression médullaire non traumatique et syndrome de la queue de cheval

1 Physiopathologie

Processus pathologique **extradural**, **intradural extramédullaire**, ou **intramédullaire**, d'apparition aiguë ou chronique, avec :
- **compression** du cordon médullaire ;
- apparition de **signes neurologiques** (syndrome lésionnel et sous-lésionnel), en fonction du niveau d'atteinte et des faisceaux touchés ;
- fréquente association à un **syndrome rachidien** (en fonction de la nature du processus pathologique responsable de la compression médullaire).

Le niveau de la compression est variable, depuis l'étage cervical jusqu'à l'espace intervertébral L1-L2 (en projection duquel se trouve le cone médullaire terminal). Une atteinte inférieure à L1-L2 sera responsable d'un syndrome de la queue de cheval *(voir encadré page 353)*.

IMPORTANT
Méninges rachidiennes

Comme les méninges cérébrales, dont elles sont la prolongation, elles sont composées de trois feuillets :
- la dure-mère : appelée souvent « sac dural », cette enveloppe fibreuse s'étend du trou occipital jusqu'à S2. Elle est adhérente à la vertèbre par sa face antérieure (via le ligament commun vertébral postérieur), ailleurs elle est entourée par la graisse épidurale (ou extradurale) contenant des plexus veineux ;
- l'arachnoïde : elle tapisse la face interne de la dure-mère ;
- la pie-mère : elle est adhérente au cordon médullaire.

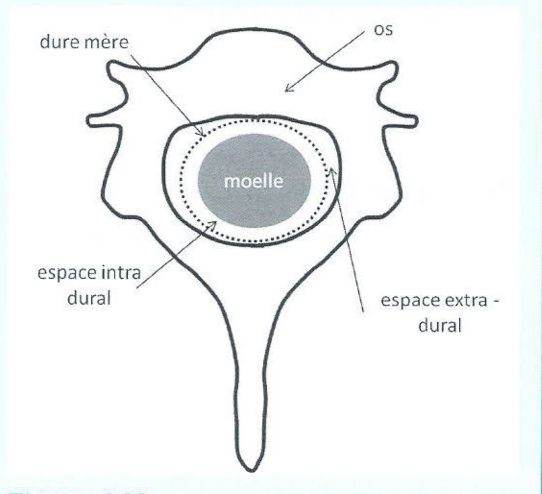


Figure 240 - Espaces rachidiens

2 Imagerie

Elle **met en évidence le processus** compressif, apporte des **arguments étiologiques** sur sa nature et évalue son **retentissement** sur le cordon médullaire.

2.1 Modalités

2.1.1 Radiographie conventionnelle

Radios de rachis de face et de profil, plus ou moins de trois quarts droit et gauche en cas de signes cliniques orientant vers une pathologie tumorale, arthrosique, ou traumatique ; elle reste **insuffisante dans la plupart des cas**.

2.1.2 TDM rachidienne

Supplantée par l'IRM, elle est utilisée seulement en cas de contre-indication et/ou pour apprécier plus précisément l'état osseux.

2.1.3 IRM médullaire

C'est **l'examen de première intention**, le seul à visualiser directement le cordon médullaire. On réalise des coupes sagittales en T1 et en T2 sur la moelle entière, et des coupes axiales centrées sur la ou les zones lésées, et parfois des coupes coronales (étude des parties molles paravertébrales). L'injection de produit de contraste est souvent réalisée. Elle fait le diagnostic positif, localise, précise l'extension, et renseigne sur l'étiologie.

2.2 Signes positifs

Hypersignal T2 intramédullaire traduisant la souffrance de la moelle spinale.

2.3 Signes étiologiques

Sauf mention contraire, dans le tableau suivant les lésions sont décrites en IRM. Les signes osseux sont également visibles en TDM, voire sur des radiographies conventionnelles.

Pour aller plus loin

Autres étiologies de syndrome médullaire aigu

Il existe des syndromes médullaires aigus non compressifs : ischémie médullaire, myélites aiguës infectieuse (virale), forme médullaire pure de la sclérose en plaque, sclérose combinée de moelle…

Étiologies et imagerie des compressions médullaires

Causes extradurales	Tumeurs : tumeurs osseuses primitives (myélome, lymphome...), métastases vertébrales et épidurite métastatique	▸ Tumeur osseuse primitive réduisant le canal rachidien ▸ Infiltration tumorale vertébrale métastatique, en hyposignal T1 et hypersignal T2, associé à un recul du mur postérieur ▸ Épidurite métastatique : coulée épidurale en arrière de vertèbres métastatiques, prenant le contraste de façon irrégulière
	Spondylodiscite infectieuse	▸ Hyposignal T1 et hypersignal T2 du disque, s'étendant sur les plateaux vertébraux adjacents ▸ Épidurite infectieuse : coulée épidurale en isosignal T1 prenant le contraste de façon irrégulière ▸ Éventuel abcès épidural
	Hématome épidural (traumatique ou spontané)	Collection épidurale en forme de lentille biconvexe, postérieure ou postérolatérale, de signal hémorragique
	Myélopathie cervico-arthrosique	Débords disco-ostéophytiques responsables d'une réduction du calibre du canal médullaire
	Hernie discale	Saillie discale de même signal que le disque intervertébral, refoulant le cordon médullaire
	Traumatisme rachidien (fracture, luxation)	Recul du mur postérieur, fragment osseux intracanalaire
Causes intradurales et extramédullaires	Neurinome (localisation intradurale pure dans 70 % des cas, intra- et extradural dans 15 % des cas, forme extradurale pure dans 15 % des cas)	▸ Lésion le plus souvent en hyposignal T1 et hypersignal T2, hétérogène si de grande taille ▸ Rehaussement variable, composante kystique possible ▸ Développement possible en sablier : de part et d'autre du foramen vertébral (forme intra- et extradurale) ▸ Élargissement du foramen de conjugaison typique sur une radiographie du rachis de trois quarts dans cette forme (mais peu sensible)
	Méningiome	▸ Tumeur implantée sur la dure-mère, typiquement en iso/hyposignal T1 et iso/hypersignal T2, de rehaussement homogène ▸ Localisation préférentielle au rachis thoracique
	Métastases leptoméningées (secondaire à une diffusion métastatique hématogène ou sous-arachnoïdienne)	Lésions intradurales en hyposignal T1 rehaussées par le produit de contraste
Causes intradurales et intramédullaires	Malformations artério-veineuses médullaires	Lacis vasculaire en hyposignal T1 et T2, rehaussé après injection de produit de contraste
	Tumeurs : épendymome, astrocytome, hémangioblastome...	▸ Augmentation de diamètre de la moelle ▸ Lésion intramédullaire de nature variable (kystique, solide), mieux mise en évidence après injection de produit de contraste.

a.

b.

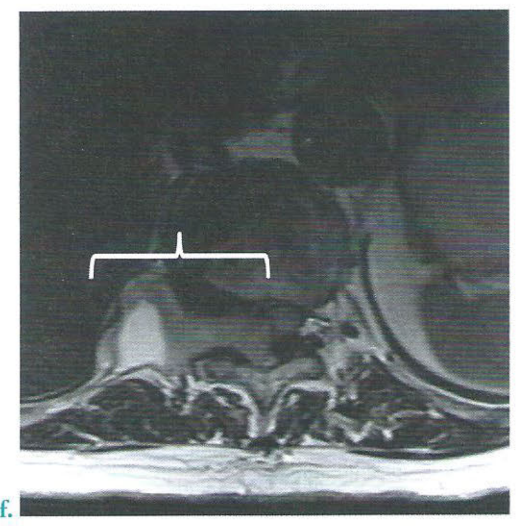
c.

d.

Figure 241 - Compressions médullaires

a. b. et **c.** IRM médullaire du même patient atteint d'une épidurite métastasique (processus extradural), s'étendant de C7 à T2, secondaire à un cancer bronchique ; **a.** coupe sagittale, séquence T1 sans injection de produit de contraste. Coulée épidurale en isosignal (flèches) s'étendant dans le canal rachidien de C7 à T2. Infiltration métastatique des vertèbres T1 à T3 (en hyposignal, perte de l'hypersignal graisseux normal) ; **b.** coupe sagittale, séquence T1 avec injection de produit de contraste et saturation de la graisse. Rehaussement de la coulée épidurale ; **c.** coupe axiale, séquence T1 avec injection de produit de contraste et saturation de la graisse. Refoulement du cordon médullaire (flèche blanche) à gauche par l'épidurite (flèche noire).

e.



f.

g.

h.

Figure 241 (suite) - Compressions médullaires

d. e. et **f.** : IRM du même patient présentant un neurinome « en sablier » à l'étage T1-T2 droit (processus intra- et extradural) ; **d.** coupe sagittale, séquence T1 sans injection de produit de contraste. Formation bilobée en discret hypersignal (accolade) en projection du canal rachidien ; **e.** coupe sagittale, séquence T1 avec injection de produit de contraste. Rehaussement de la formation bilobée (embrase) ; **f.** coupe axiale, séquence T2. La formation est développée en sablier de part et d'autre du foramen de conjugaison T1-T2 droit, hétérogène avec portion en hypersignal (extraforaminale), et une portion en isosignal (intracanalaire). Le cordon médullaire est refoulé à gauche ; **g.** et **h.** IRM du même patient atteint d'un épendymome T2-T3 (processus intramédullaire) ; **g.** coupe sagittale, séquenceT1 sans injection de produit de contraste. Lésion augmentant le calibre de la moelle, en isosignal (flèche) ; **h.** coupe sagittale, séquence T2. La lésion apparaît en hypersignal (flèche).

IMPORTANT
Syndrome de la queue de cheval

Il se manifeste par un syndrome lésionnel pluriradiculaire (atteinte des racines de la queue de cheval), parfois associé à un syndrome rachidien. Il est secondaire à une atteinte canalaire extra- ou intradurale de niveau inférieur à L1-L2.

Les étiologies sont les mêmes que celles de la compression médullaire, mises à part les causes intramédullaires bien sûr, et en substituant la myélopathie cervico-arthrosique par le canal lombaire étroit ou rétréci.

Sous-partie 5

Appareil locomoteur

La pathologie de l'appareil locomoteur a été séparée entre pathologie non traumatique (rhumatologique) et traumatique (orthopédique). Les particularités de l'enfant sont détaillées à la fin de cette sous-partie.
Pour la description des différentes incidences radiographiques et les repères anatomiques, se reporter à la partie 1, sous-partie 3, « Principes de radioanatomie » *(page 117)*.
Sauf mention contraire, les images TDM figurées dans cette sous-partie sont réalisées sans injection de produit de contraste.

Chapitre 20
Pathologie non traumatique

Item n° 93. Radiculalgie et syndrome canalaire
Item n° 125. Arthrose
Item n° 153. Infections ostéo-articulaires (IOA) de l'enfant et de l'adulte
Item n° 192. Polyarthrite rhumatoïde
Item n° 193. Spondyloarthrite ankylosante
Item n° 194. Arthropathie microcristalline
Item n° 304. Tumeurs des os primitives et secondaires
Item n° 317. Myélome multiple des os

1 Arthrose

1.1 Généralités

1.1.1 Physiopathologie

Les facteurs étiologiques sont **variés** (âge, facteurs mécaniques, génétiques, hormonaux) et responsables :

- d'un **déséquilibre entre anabolisme** (production) et **catabolisme** (destruction) de la matrice extracellulaire des cartilages articulaires ;
- puis d'une **usure cartilagineuse** ;
- suivie de **remaniements de l'os sous-chondral**, d'une **ostéophytose** marginale et d'une **inflammation** de la membrane synoviale.

Les articulations les plus touchées sont le **genou**, la **hanche**, les **doigts** et le **rachis**.

On appelle **arthrose primitive** une arthrose sans facteur étiologique nettement individualisé et **arthrose secondaire** une arthrose pour laquelle un facteur étiologique principal a pu être mis en évidence.

1.1.2 Imagerie

Son rôle est central pour le **diagnostic positif** et **étiologique**, puis pour le **suivi**.

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention**. Elle comporte plusieurs incidences complémentaires. Elle fait le diagnostic positif, l'éventuel diagnostic étiologique et permet la surveillance évolutive.

TDM et arthro-TDM

Ce sont des examens **de deuxième intention**. L'arthro-TDM permet une analyse plus précise du cartilage et la recherche des corps étrangers intra-articulaires.

IRM et arthro-IRM

C'est un examen **de deuxième intention**, adapté pour rechercher des lésions cartilagineuses débutantes, pour les lésions associées (tendineuses, ligamentaires, méniscales...) ou pour le diagnostic différentiel.

Signes positifs

Les quatre signes cardinaux de l'arthrose sont les suivants.

Pincement articulaire

Diminution de la hauteur de l'interligne articulaire secondaire à l'altération cartilagineuse, dont la caractéristique fondamentale est d'être **localisé** et non diffus (car secondaire à des contraintes mécaniques).

Ostéophytose marginale

Production osseuse en périphérie des zones d'hyperpression, (tentative de réparation) apparaissant sous la forme d'excroissances osseuses marginales.

Ostéocondensation sous-chondrale

Augmentation de la densité osseuse sous le cartilage articulaire, en réponse aux phénomènes d'hyperpression sur l'os mis à nu par la destruction cartilagineuse.

Géodes sous-chondrales

Lacunes osseuses situées également sous le cartilage articulaire.

IMPORTANT
Dissociation radioclinique dans l'arthrose

D'une façon générale, le retentissement fonctionnel de l'arthrose et la sévérité de l'atteinte radiologique ne sont pas corrélés.

Bilan étiologique

Selon les articulations, on peut mettre en évidence des **anomalies architecturales** ayant favorisé le développement de l'arthrose (coxa plana, genu varum, etc., voir ci-après « Gonarthrose » et « Coxarthrose »).

1.2 Gonarthrose

1.2.1 Physiopathologie

C'est le **site arthrosique le plus fréquent.**

Gonarthrose secondaire à une anomalie de répartition de contraintes mécaniques du genou

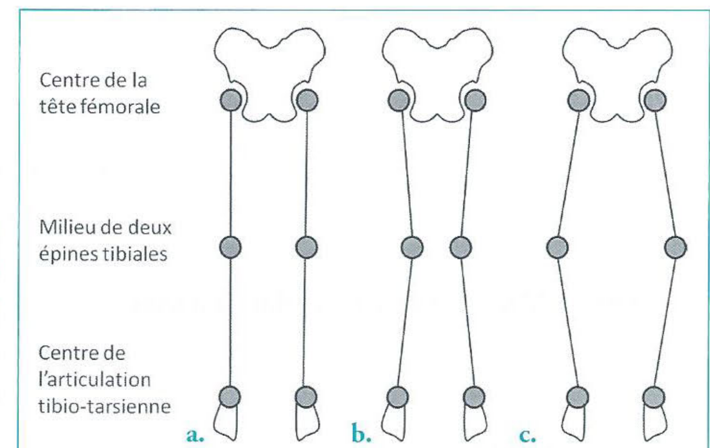


Figure 242 - Axes mécaniques du genou, normaux et pathologiques
a. axe normal ; b. genu valgum ; c. genu varum.

La gonarthrose peut être favorisée par une **répartition non harmonieuse des contraintes mécaniques** sur le genou. En effet, l'axe mécanique du membre inférieur, reliant le centre de la tête fémorale au milieu de l'interligne tibio-talien, passe normalement **au milieu des tubercules** (épines) tibiales *(figure 242.a..)*

Si l'axe passe en dehors des tubercules (genu valgum, *figure 242.b.*) ou en dedans (genu varum, *figure 242.c.*), il y aura un **déséquilibre des contraintes** qui prédomineront respectivement sur le compartiment fémoro-tibial latéral ou médial.
Une répartition non harmonieuse des contraintes mécaniques peut aussi être due à des **lésions méniscales** et **ligamentaires** post-traumatiques, ou à une **obésité**.

Gonarthrose secondaire à des atteintes primitives du cartilage articulaire

Elle survient dans le cadre d'une **chondrocalcinose articulaire**, d'une **ostéonécrose** des condyles fémoraux, d'une **arthrite** ou d'une **maladie de Paget**.

Compartiments atteints

La gonarthrose peut intéresser les trois compartiments de l'articulation du genou :
- le compartiment **fémoro-tibial médial** (atteinte la plus fréquente) ;
- le compartiment **fémoro-tibial latéral** ;
- le compartiment **fémoro-patellaire**.

En fonction du nombre de compartiments atteints, la gonarthrose est dite uni-, bi- ou tricompartimentale.
L'atteinte est bilatérale dans les **deux tiers des cas**.

1.2.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen de **première intention**. Les radiographies sont réalisées selon des modalités précises, de façon bilatérale et comparative :
- incidence de face, en charge, genoux en extension complète ;
- incidence de profil ;
- incidence de « schuss » ;
- incidence fémoro-patellaire à 30° de flexion.

La réalisation d'un pangonogramme (cliché incluant la totalité des membres inférieurs, du bassin aux pieds) permet de mesurer l'axe mécanique du genou.

Rappel
Incidence de « schuss »
Elle est pratiquée de face, en charge, avec 30° de flexion. Cette incidence dégage le compartiment postérieur de l'articulation fémoro-tibiale, invisible sans flexion, et où débute l'arthrose.

Arthro-TDM, IRM et arthro-IRM de genou

Examens de **deuxième intention**, d'indication spécialisée (mise en évidence de lésion chondrales débutantes, diagnostic différentiel).

Signes positifs

- **Pincement de l'interligne articulaire** :
  - fémoro-tibial (le plus souvent sur le compartiment médial) ;
  - fémoro-patellaire (le plus souvent sur la partie latérale de l'interligne).

- **Ostéophytose marginale** pouvant être latérale (en périphérie des condyles tibiaux) et également médiale (sur les tubercules tibiaux).
- **Ostéocondensation sous-chondrale** de part et d'autre du pincement articulaire.
- **Géodes sous-chondrales** de même localisation que l'ostéocondensation.

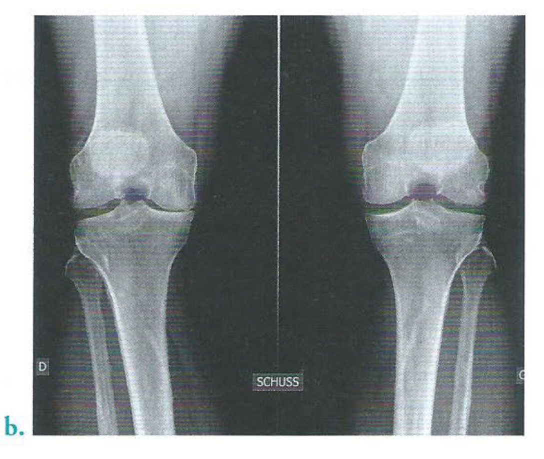
Facteurs favorisants/étiologiques

- Recherche d'un **trouble statique** : genu varum ou genu valgum.
- Autres : signes de **chondrocalcinose articulaire** (voir plus loin « CCA »), séquelles d'**ostéonécrose du genou** (aplatissement du condyle fémoral)...

IMPORTANT
Gonarthrose destructrice rapide

C'est une forme clinique de gonarthrose caractérisée par son mode évolutif : le pincement articulaire progresse de plus de 2 mm en un an (ou de plus de 50 %).
Il faut rechercher dans ce cas des signes de chondrocalcinose articulaire. L'autre grande cause pourvoyeuse de gonarthrose destructrice rapide est la méniscectomie.

a.

b.


c.

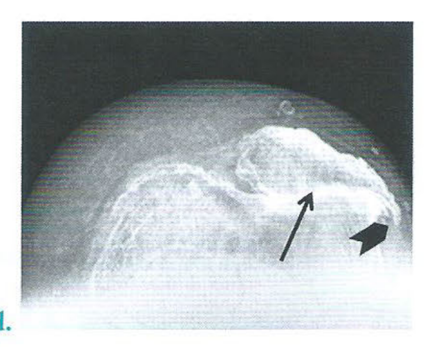
d.


Figure 243 - Gonarthrose

a. radiographie des deux genoux debout de face en extension. Pincement du compartiment fémoro-tibial médial du genou droit ; **b.** radiographie des deux genoux debout de face en schuss (même patient que **a.**. Le pincement fémoro-tibial médial droit apparaît plus net (comparer par rapport au côté gauche). Gonarthrose fémoro-tibiale médiale droite ; **c.** radiographie du genou gauche de profil. Disparition complète de l'interligne fémoro-patellaire ; **d.** radiographie du genou gauche, incidence fémoro-patellaire à 60° de flexion (même patient que **c.** : disparition complète de l'interligne fémoro-patellaire latéral (flèche), condensation sous-chondrale fémoral et patellaire, ostéophytes marginaux (tête de flèche). Gonarthrose fémoro-patellaire gauche évoluée.

1.3 Coxarthrose

1.3.1 Physiopathologie

C'est le **deuxième site arthrosique** le plus fréquent après la gonarthrose. La coxarthrose est :

- **primitive dans 40 à 50 % des cas** ;
- dans les autres cas, **secondaire à un vice architectural**, responsable d'une répartition non harmonieuse des contraintes mécaniques sur l'articulation, qu'il faudra rechercher à l'interrogatoire et sur l'imagerie.

Anomalies architecturales responsables de coxarthrose

Anomalie architecturale primitive	Signes radiologiques
Dysplasie supérolatérale (maladie luxante de la hanche), cause la plus fréquente	Insuffisance de couverture latérale de la tête fémorale, coxa valga, coxa antetorsa (antéversion excessive du col)
Dysplasie postéro-médiale (protrusion acétabulaire)	Excès de couverture latérale de la tête fémorale, coxa vara, coxa profunda
Séquelle d'ostéochondrite	Coxa plana
Séquelle d'épiphysiolyse	Coxa vara + coxa retrorsa (bascule postérieure de la tête fémorale)

D'**autres causes** sont **plus rares** : des fractures de l'acétabulum, une ostéonécrose de la tête fémorale, une inégalité des membres inférieurs supérieure à 2 cm, des coxites inflammatoires, infectieuses ou microcristallines.

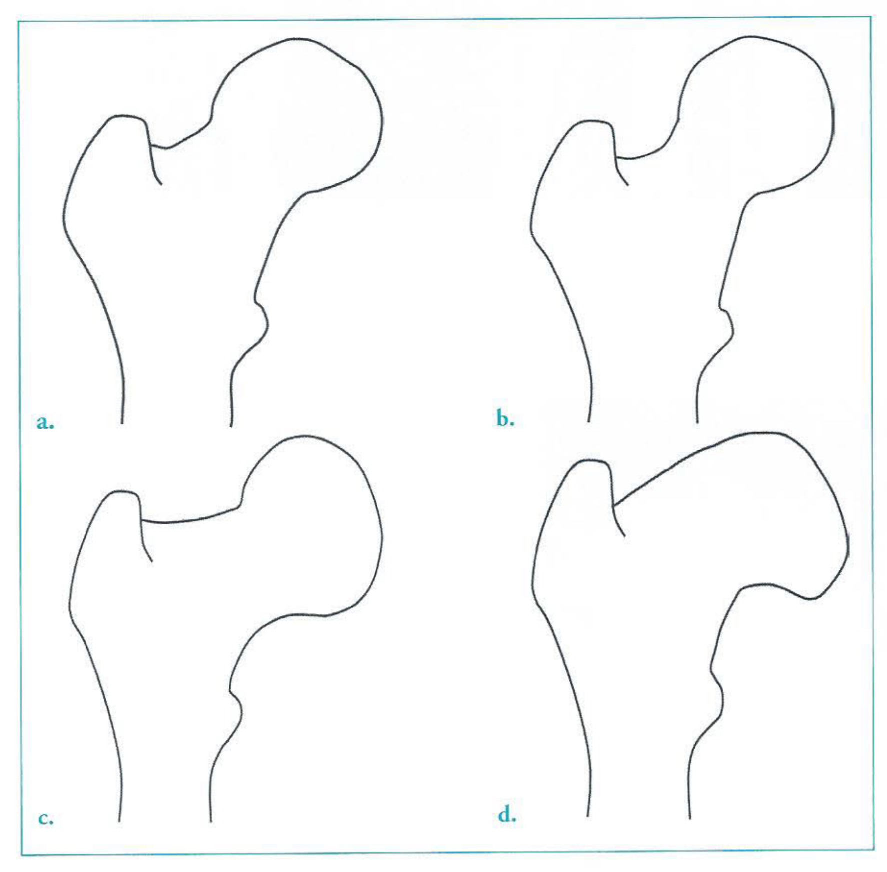


Figure 244 - Vices architecturaux de hanche
a. hanche normale ; b. coxa valga (ouverture de l'angle cervico-diaphysaire) ; c. coxa vara (fermeture de l'ange cervico-diaphysaire) ; d. coxa plana (aplatissement de la tête fémorale).

1.3.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen de **première intention**, réalisé avec les incidences suivantes :
- incidence du bassin de face (debout ou couché) ;
- incidence de face centrée sur chaque hanche ;
- faux profil de Lequesne pour chaque hanche.

Rappel

Incidence de Lequesne

C'est un profil de hanche permettant de dégager la partie postérieure et antérosupérieure de l'interligne coxo-fémoral, afin de repérer des signes précoces de coxarthrose.

Arthro-TDM de hanche

Examen de **deuxième intention**, de prescription spécialisée, rarement nécessaire.

IRM de hanche

Essentiellement utile pour le **diagnostic différentiel** de douleur de hanche.

Signes positifs

- **Pincement articulaire** localisé de l'interligne coxo-fémoral, situé le plus souvent en situation supérolatérale.
- **Ostéophytose marginale** acétabulaire et fémorale.
- **Ostéocondensation sous-chondrale.**
- **Géodes sous-chondrales.**

Signes étiologiques

Coxométrie

On recherche des vices architecturaux. Pour cela on définit différents angles (coxométrie).

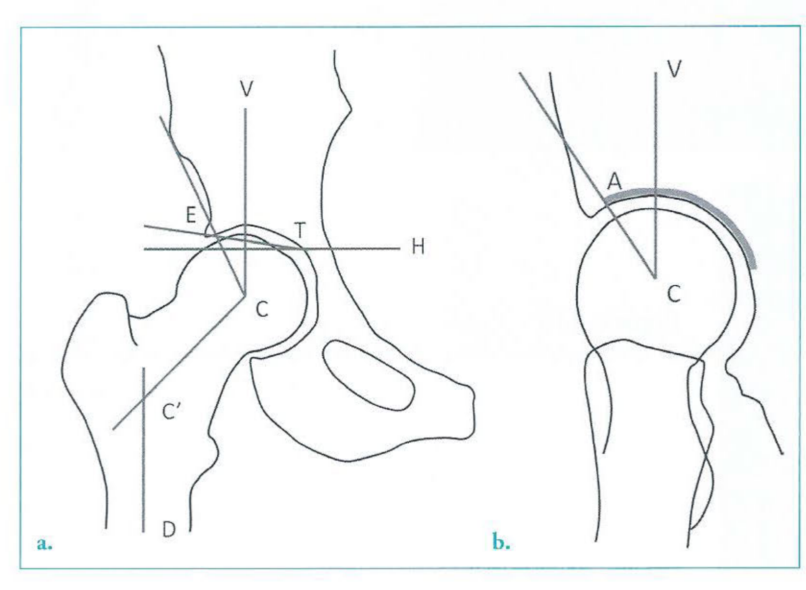


Figure 245 - Coxométrie
a. sur cliché de hanche de face ; b. sur cliché de faux profil de Lequesne. C = centre de la tête fémorale ; CC' = axe du col ; C'D = axe fémoral ; T = point médial du toit acétabulaire ; E = point latéral du toit acétabulaire ; A = limite antérieur du toit condensé de l'acétabulum ; ligne horizontale passant par T = ligne H ; ligne verticale passant par le centre de la tête fémorale = ligne V.

Creusons le sujet
Coxométrie normale

Angle cervico-diaphysaire (DC'C) : 135 à 140°.
Angle VCE (couverture latérale du toit acétabulaire) et angle VCA (couverture antérieure du toit acétabulaire) : supérieur ou égal à 25°.
Angle HTE (obliquité du toit acétabulaire): inférieur ou égal à 10°.

Anomalies architecturales

- **Dysplasie supérolatérale** : le pincement prédomine à la partie **supérieure** et **latérale** de l'interligne. La dysplasie est définie par une **insuffisance acétabulaire** (l'acétabulum ne recouvre pas la tête fémorale en dehors et en avant) : angles VCE et VCA inférieurs à 25°, obliquité excessive du toit acétabulaire avec angle HTE supérieur à 10°. Elle est associée le plus souvent à :
  - une **antéversion excessive du col** (coxa antetorsa) ;
  - une **coxa valga** : angle cervico-diaphysaire supérieur à 135° ;
- **Dysplasie postéromédiale** : le pincement prédomine à la partie médiale de l'interligne, et à la partie postérieure (vu sur le faux profil de Lequesne). Elle est définie par :
  - un excès de couverture latérale de la tête fémorale (angle VCE supérieur à 35°) ;
  - une **coxa vara** : angle cervico-diaphysaire inférieur à 135° ;
  - une **coxa profunda** : arrière-fond de l'acétabulum débordant en dedans de la ligne ilio-ischiatique.
- D'autres anomalies architecturales existent : **coxa plana** (aplatissement de la tête fémorale), **coxa retorsa** (glissement de la tête fémorale en bas et en arrière sur le profil).

a.

b.

c.

Figure 246 - Coxarthrose
a. radiographie de face de la hanche droite. Pincement supérolatéral de l'interligne coxo-fémoral, condensation et géode sous-chondrales (flèche noire), ostéophytes marginaux (flèches blanches) ; **b.** radiographie de profil de la hanche droite (faux profil de Lequesne). Pincement antérosupérieur (flèche) ; **c.** radiographie du bassin de face. À gauche, déformation de la tête fémorale (coxa plana), pincement de l'interligne coxo-fémoral, condensation sous-chondrale, ostéophytose marginale (flèche blanche) et géodes (flèche noire).

> **IMPORTANT**
> ***Coxarthrose destructrice rapide***
> Comme la gonarthrose destructrice rapide, c'est une forme clinique de coxarthrose définie par son mode évolutif : le pincement articulaire progresse de plus de 2 mm en un an ou de plus de 50 %.
> Elle peut être favorisée par un traumatisme ou un surmenage physique.

1.4 Arthrose digitale

1.4.1 Physiopathologie

C'est également un **site arthrosique fréquent**, surtout chez la femme ménopausée, souvent obèse, qui aboutit à des déformations des mains.
On distingue :

- l'**arthrose des articulations interphalangiennes** : elle survient souvent sur un terrain héréditaire. L'atteinte des articulations interphalangiennes distales est la plus fréquente. Cliniquement, on observe des nodosités dites de Bouchard (interphalangiennes proximales) et d'Heberden (interphalangiennes distales) ;
- la **rhizarthrose** (arthrose trapézo-métacarpienne), pouvant être favorisée par des microtraumatismes répétés.

L'atteinte métacarpo-phalangienne est plus rare.

1.4.2 Imagerie

Le diagnostic est essentiellement **clinique** (déformations caractéristiques des doigts).

a.

b.

Figure 247 - Arthrose digitale
a. radiographie de la main droite de face. Condensation sous-chondrale (flèche noire) de l'interligne trapézo-métacarpien, ostéophytose marginale (flèche blanche) : rhizarthrose ; b. radiographie de la main gauche de face. Disparition complète des interlignes interphalangiens distaux des doigts des troisième et quatrième rayons, associée à une hypertrophie épiphysaire (flèches). Nodosités d'Heberden cliniques.

Modalités

La radiographie conventionnelle est utile **quand le diagnostic clinique n'est pas évident**. On réalise des clichés comparatifs des mains de face pour l'arthrose des articulations interphalangiennes (pouvant être associés à des clichés de profil des doigts concernés), et du pouce de face et de profil pour la rhizarthrose.

Signes positifs

- **Hypertrophie des épiphyses.**
- **Pincement de l'interligne articulaire** global (car l'articulation est de petite taille).
- **Ostéophytes latéraux**, souvent de grande taille.
- Présence parfois de **géodes sous-chondrales.**
- À un stade évolué pour la rhizarthrose : subluxation métacarpienne, ankylose trapézo-métacarpienne.

1.5 Arthrose rachidienne

1.5.1 Physiopathologie

L'arthrose rachidienne atteint plusieurs articulations vertébrales, avec une fréquence variable selon qu'on s'intéresse au rachis cervical, dorsal ou lombaire :

- la **discarthrose** : elle est secondaire à une anomalie de répartition des contraintes mécaniques (hyperlordose, scoliose) et/ou à une dégénérescence discale. Elle prédomine sur le **rachis lombaire**, en L5-S1 notamment (là ou les contraintes mécaniques sont les plus importantes) ;
- l'**arthrose interapophysaire postérieure** (ou zygapophysaire) : elle concerne essentiellement le **rachis lombaire** ;
- l'**uncarthrose** : elle concerne uniquement le **rachis cervical**.

Le rachis lombaire est fréquemment impliqué, puisqu'il supporte **l'ensemble de la colonne rachidienne**. L'atteinte du rachis cervical est elle aussi fréquente : ce sont des vertèbres très **mobiles**, et soumises à de nombreuses contraintes.

1.5.2 Imagerie

Modalités

Elle fait le **diagnostic positif.** Il faut garder en mémoire l'absence de corrélation radioclinique, particulièrement vraie pour l'arthrose rachidienne.

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention**. On réalise les incidences suivantes (centrées sur l'étage rachidien d'intérêt : cervical, thoracique, lombaire) :

- rachis de face ;
- rachis de profil ;
- des clichés de trois quarts droit et gauche peuvent compléter le bilan si l'on veut évaluer la taille des foramens de conjugaison (réalisés systématiquement pour le rachis cervical).

Les radiographies du rachis réalisées debout sont le **seul moyen d'étudier la statique rachidienne** (autres modalités d'imagerie réalisées chez un patient couché).

Des clichés dynamiques (en flexion-extension du rachis) sont parfois réalisés pour évaluer la mobilité d'un spondylolisthésis.

- **TDM rachidienne**

Réalisé sans injection pour la recherche de **complications** (évaluation précise d'un canal lombaire étroit ou rétréci, hernie discale ou névralgie cervico-brachiale).

- **IRM rachidienne**

Pas d'indication dans les rachialgies simples. Réalisée en cas de **complications** (radiculalgies).

a.

b.

Figure 248 - Arthrose rachidienne

a. radiographie du rachis lombaire de profil. Pincement des espaces discaux L3-L4, L4-L5 et L5-S1, condensation de l'os sous-chondral des plateaux vertébraux autour des espaces L4-L5 et L5-S1. Ostéophytose marginale (flèche). Spondylolisthésis dégénératif de L4 (astérisque) secondaire à l'arthrose interapophysaire postérieure. Noter par ailleurs la médiacalcose (calcifications athéromateuses aortiques) ; b. radiographie du rachis cervical de trois quarts dégageant les foramens de conjugaison gauche. Rétrécissement du foramen gauche C6-C7 par l'uncarthrose (flèche).

Signes positifs

On retrouve les quatre signes cardinaux de l'arthrose sur les différents sites atteints.

Discarthrose

Pincement discal, **ostéophytes** marginaux des coins vertébraux antérieurs ou latéraux, **ostéocondensation** des plateaux vertébraux. En TDM on peut mettre en évidence une dégénérescence gazeuse du disque (présence d'air intra discal). En IRM, la disparition de l'hyper signal T2 du disque normal traduit sa « déshydratation ».

Arthrose interapophysaire postérieure

Hypertrophie des processus articulaires, **pincement** articulaire, **condensation** sous chondrale, **géodes**, **épanchement** intra articulaire.

Uncarthrose

Ostéophytose marginale réduisant les foramens de conjugaison.

Complications

Myélopathie cervico-arthrosique

Souffrance médullaire secondaire à la réduction du canal rachidien par le processus arthrosique. *(Voir le chapitre 19, « Compression médullaire », page 349.)*

Conflit radiculaire

- **Réduction foraminale** par l'uncarthrose, l'arthrose interapophysaire postérieure et/ou un spondylolisthésis dégénératif.
- **Réduction du calibre du canal rachidien** par l'arthrose interapophysaire postérieure, ± associée à une discarthrose et à un spondylolisthésis dégénératif. *(Voir « Lomboradiculalgies et névralgies cervico-brachiales », page 395.)*

Spondylolisthésis dégénératif

Glissement antérieur d'un corps vertébral (et du rachis sus-jacent) par rapport à la vertèbre sous-jacente, secondaire à l'arthrose interapophysaire postérieure. Il peut être lui-même à l'origine d'une sténose canalaire ou foraminale.

Creusons le sujet

Canal rachidien rétréci et étroit

On distingue ces deux entités qui ont une étiologie différente :
- canal étroit : il est constitutionnel, secondaire à une brièveté des pédicules rachidiens ;
- canal rétréci : il est acquis, secondaire à une arthrose interapophysaire postérieure, à des discopathies ± une hypertrophie des ligaments jaunes.

Canaux étroit et rétréci peuvent s'associer, un patient porteur d'un canal étroit sera d'autant plus sensible à une réduction de calibre d'origine arthrosique surajoutée, même minime.

Spondylolisthésis par lyse isthmique

La lyse isthmique est une fracture de fatigue bilatérale des isthmes d'une vertèbre (partie de l'arc postérieur qui unit le processus articulaire supérieur au processus articulaire inférieur), aboutissant en l'absence de consolidation à un glissement antérieur du corps vertébral. Elle apparaît en général à l'adolescence et intéresse essentiellement la vertèbre L5.

Pour aller plus loin

Autres sites arthrosiques

Ils sont rares, pas toujours symptomatiques et le plus souvent secondaires à une pathologie traumatique, ou microcristalline (épaule, cheville…).

2 Rhumatismes microcristallins

2.1 Goutte

2.1.1 Physiopathologie

C'est un **trouble du métabolisme des purines**, secondaires à des facteurs héréditaires et environnementaux (alimentaires), à une insuffisance rénale, et/ou à des traitements médicamenteux, aboutissant à une **augmentation de synthèse** ou à un **défaut d'élimination de l'acide urique**, avec :
- une **hyperuricémie**, supérieure aux possibilités de solubilité dans le plasma ;
- des **dépôts de cristaux d'urate de sodium** dans les espaces articulaires ;
- une **destruction articulaire**.

Les sites préférentiellement atteints sont l'**articulation métatarso-phalangienne du premier rayon**, le **genou** et les articulations des **doigts**.

Il existe d'autres conséquences de l'hyperuricémie : tophus goutteux (concrétions d'acide urique sous cutanées situées sur les oreilles, les coudes, les pieds et les mains), lithiases rénales et néphropathie uratique.

2.1.2 Imagerie

Elle met en évidence des **signes d'arthropathie goutteuse**, conséquence d'accès goutteux répétés. Elle permet le **suivi**.

a.

b.

Figure 249 - Arthropathie goutteuse

a. radiographie du pied droit de trois quarts : destruction épiphysaire complète de l'articulation métatarso-phalangienne du premier rayon, érosions épiphysaires distales des autres métatarsiens, disparition des interlignes articulaires du tarse antérieur, tophus goutteux du premier rayon (flèche) ; b. radiographie des deux mains de face : destructions articulaires étendues bilatérales (articulations radio-carpiennes, carpiennes, interphalangiennes), subluxations métacarpo-phalangiennes, tophus goutteux du deuxième rayon gauche (astérisque).

Modalités

Radiographie conventionnelle : c'est l'examen **de première intention.** Elle est suffisante, et réalisée selon les modalités suivantes :

- **articulations métatarso-phalangiennes** : incidences du pied de face et de trois quarts ;
- **genoux** : incidences de face et de profil, bilatéral et comparatif ;
- **doigts** : incidences des mains de face et de trois quarts.

Signes positifs

- **Encoches épiphysaires** dites en « hallebardes » secondaires aux dépôts d'urate de sodium, **macrogéodes.**
- **Pincement articulaire global.**
- **Ostéophytose marginale.**
- À un stade évolué : **destruction épiphysaire** complète.

Signes associés

Tophus goutteux : opacité des parties molles.

2.2 Chondrocalcinose articulaire (CCA)

2.2.1 Physiopathologie

C'est une **perturbation du métabolisme des pyrophosphates**, au cours du vieillissement, et/ou favorisée par des anomalies comme l'hémochromatose ou l'hyperparathyroïdie (physiopathologie encore incomplètement élucidée), avec :

- une **précipitation de cristaux de pyrophosphate de calcium** dans les tissus articulaires et péri-articulaires (tendons, capsules articulaires, cartilages et fibrocartilages, synoviales) ;
- une **libération de cristaux de pyrophosphate de calcium** dans la cavité synoviale à l'origine de poussées d'arthrite aiguë.

Une présentation sur le mode subaigu ou chronique est également possible.

Les sites les plus fréquemment atteints sont : le **genou**, le **poignet**, l'**épaule**, les **articulations méta-carpo-phalangiennes** de la main, le **rachis**.

Cette pathologie est souvent associée à une maladie arthrosique, qui en est la conséquence, notamment dans les cas d'**arthrose destructrice rapide**.

2.2.2 Imagerie

La mise en évidence de calcifications des fibrocartilages et des cartilages articulaires **pose le diagnostic de chondrocalcinose latente** (pouvant être asymptomatique). La présence de cristaux de pyrophosphates de calcium dans le liquide articulaire fait le diagnostic de la poussée.

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention** et le seul indiqué dans la grande majorité des cas ; lorsque le diagnostic est suspecté, on réalise un bilan articulaire global :

- incidences centrées sur l'articulation atteinte ;
- incidences des deux genoux en charge, de face, de profil et incidence fémoro-patellaire à 30° de flexion ;
- incidence du bassin de face ;
- incidence des deux poignets de face ;
- en cas de suspicion d'atteinte rachidienne, on réalise des clichés de face et de profil du segment rachidien interessé.

TDM

Peut être indiqué **en deuxième intention** pour la CCA rachidienne et notamment cervicale.

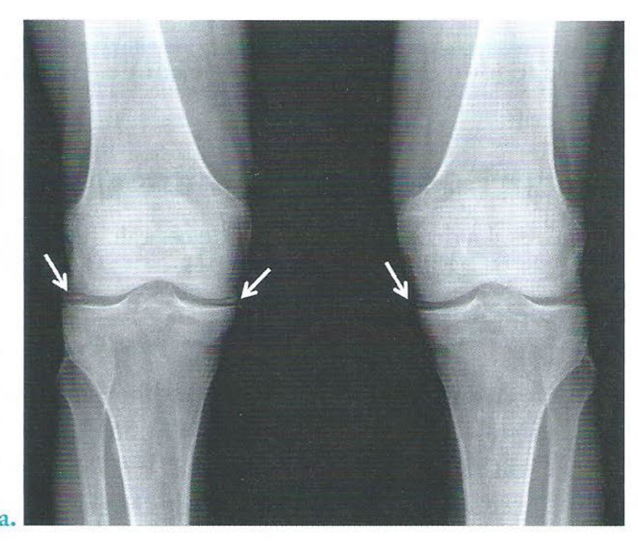
Signes positifs

Signe typique

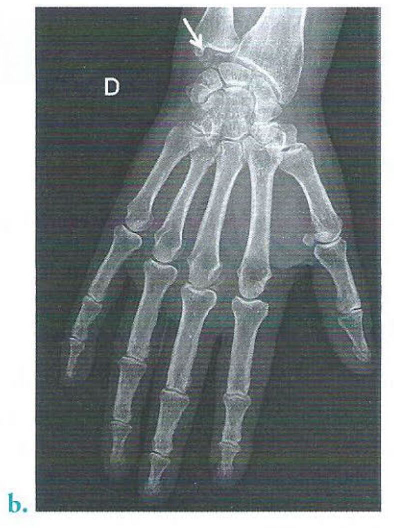
Liséré dense intra-articulaire correspondant aux dépôts de pyrophosphate de calcium dans les cartilages d'encroûtement articulaires et les fibrocartilages. Il est visible le plus souvent au **genou** (calcifications méniscales), au **poignet** (calcifications du fibrocartilage triangulaire du carpe) et sur la **symphyse pubienne**.

Autres signes

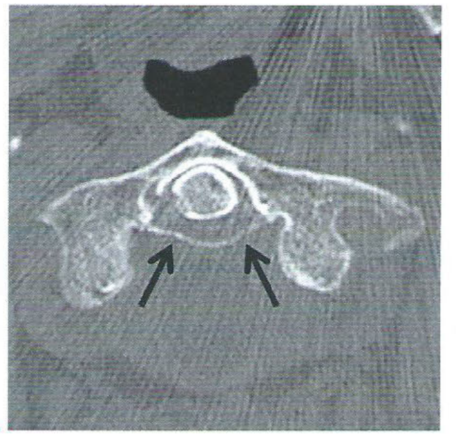
- **Pincement articulaire** global, **géodes** volumineuses, **destruction** de l'os sous-chondral.
- Localisation dans des **sites inhabituels d'arthrose** : articulation scapho-trapézienne, poignet, cheville, articulations métacarpo-phalangiennes.



a.



b.



c.

Figure 250 - Chondrocalcinose articulaire
a. radiographie des genoux de face : lisérés denses méniscaux bilatéraux (flèches) ; b. radiographie de la main droite de face : lisérés denses du fibrocartilage triangulaire du carpe (flèche) ; c. TDM cervical en coupe axiale centrée sur l'articulation C1-C2, fenêtre osseuse. Calcifications du ligament rétro-odontoïdien (flèches) : aspect de « dent couronnée ».

Signes associés

Signes d'arthrose *(voir page 356)*.

Pour aller plus loin

Chondrocalcinose rachidienne

C'est un site non rare de CCA, de découverte fortuite le plus souvent, parfois à l'origine de rachialgies inflammatoires. Les calcifications se déposent dans les disques intervertébraux, sur les ligaments jaunes, les ligaments communs vertébraux antérieurs et postérieurs, les ligaments interépineux, ou encore sur le ligament rétro-odontoïdien (aspect typique en imagerie de « dent couronnée »).

2.3 Rhumatisme à hydroxyapatite

2.3.1 Physiopathologie

Il est secondaire à des **dépôts de microcristaux d'hydroxyapatite** dans les **structures tendineuses** péri-articulaires, plus rarement en intra-articulaire, survenant le plus souvent en l'absence de trouble métabolique, chez la femme jeune :

- avec possible **délitement de la calcification** dans une bourse péri-articulaire (étiologie mal connue) ;
- responsable d'une douleur aiguë et/ou une provocation d'un conflit tendineux.

L'atteinte la plus fréquente est celle de **l'épaule**.
Les autres sites possibles sont la **hanche**, les **doigts**, le **tendon du moyen fessier**, le **coude**, les **articulations métacarpo-phalangiennes**.

2.3.2 Imagerie

Elle **met en évidence des calcifications péri-articulaires**. La découverte fortuite de ces calcifications n'est pas rare.

Modalités

Radiographie conventionnelle : examen **de première intention** et en général suffisant devant la suspicion de rhumatisme à hydroxyapatite. Les clichés sont centrés sur l'articulation douloureuse. Dans le cas le plus fréquent d'une atteinte de l'épaule, on réalisera des clichés de face dans les trois rotations (médiale, latérale, neutre) afin de mieux dégager les éventuelles calcifications, ainsi qu'un cliché de profil de Lamy.
IRM : elle est parfois utilisée pour distinguer une atteinte microcristalline du rachis d'une spondylodiscite infectieuse.

Signes positifs

Calcifications en projection tendineuse, uniques ou multiples (le site le plus fréquent est le tendon du muscle supraépineux de l'épaule).
La calcification peut **s'atténuer** ou **disparaître** si le cliché est réalisé pendant la crise, en le comparant à des clichés antérieurs.

Figure 251 - Calcification du tendon du muscle sus-épineux droit (flèche)
Radiographie de l'épaule droite de face en rotation latérale.

3 Rhumatismes inflammatoires

3.1 Polyarthrite rhumatoïde (PR)

3.1.1 Physiopathologie

C'est un **rhumatisme inflammatoire chronique**, évoluant par **poussée**, caractérisé par une atteinte des **synoviales articulaires**, survenant sous l'influence de facteurs génétiques et environnementaux, avec :

- une **réaction immunitaire** intrasynoviale ;
- des **proliférations synoviales** : « pannus synovial », doué d'un potentiel d'agressivité locale ;
- des **érosions épiphysaires** apparaissant en regard des zones de réflexion de la membrane synoviale sur l'os ;
- une évolution vers des **destructions** et des **déformations** articulaires.

Les sites les plus fréquemment atteints sont les **poignets**, les **mains** (articulations métacarpo-phalangiennes et interphalangiennes proximales, en particulier les deuxième et troisième rayons), les **pieds** (articulations métatarso-phalangiennes) et les **genoux**. Les coudes, les hanches, les épaules, le rachis cervical sont également impliqués.

Il existe également des **atteintes extra-articulaires** plus rares (cutanés, pulmonaires, cardiaques, rénaux, oculaires…).

IMPORTANT

Sites épargnés par la polyarthrite rhumatoïde

Les articulations **interphalangiennes distales**, le rachis **dorsal** et **lombaire** ainsi que les **articulations sacro-iliaques** sont préservées. Cette particularité aide à distinguer la polyarthrite rhumatoïde des autres arthropathies (dégénératives, microcristallines ou inflammatoires).

3.1.2 Imagerie

Elle fait partie du **bilan initial** et **contribue au diagnostic** en corrélation avec des éléments clinicobiologique. Elle participe au **suivi**, et apporte des **éléments pronostiques** pouvant orienter la décision thérapeutique.

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention** pour le diagnostic positif, l'évaluation de la sévérité et le suivi évolutif. On demandera systématiquement les incidences suivantes :

- mains et poignets de face ;
- avant-pieds de face et de trois quarts;
- autres articulations éventuellement symptomatiques (genou, hanche…) ;
- bassin de face (diagnostic différentiel avec les spondylarthropathies).

Dans le suivi évolutif, seront également réalisés des clichés du rachis cervical : cliché de face bouche ouverte et cliché de profil centré sur l'articulation atloïdo-axoidienne, plus ou moins associés à des clichés dynamiques (en flexion).

Échographie articulaire

Elle est **de plus en plus utilisée** pour objectiver les synovites (intérêt pour le suivi sous traitement), elle peut aussi détecter des érosions.

TDM

Elle **n'est pas indiquée en première intention**, mais est utile pour évaluer certaines **complications** comme la luxation atloïdo-axoidienne.

IRM

Elle est **plus sensible** que la radiographie conventionnelle pour détecter précocément des érosions articulaires, et est également capable de diagnostiquer une synovite. Elle reste cependant un examen **de deuxième intention**.

Signes positifs

Initialement, les radiographies peuvent être **normales** en raison d'un retard radioclinique.

Signes précoces

- **Hypertrophie des parties molles** en regard des articulations atteintes (métacarpo-phalangiennes et interphalangiennes distales).
- **Bandes de déminéralisation épiphysaires**, notamment en regard de la tête des cinquièmes métatarsiens.

Signes d'apparition secondaire

- **Pincement global** de l'interligne articulaire, prédominant sur les deuxième et troisième articulations métacarpo-phalangiennes.
- **Érosions marginales des épiphyses** (aux points de réflexion de la membrane synoviale), surtout visibles à la base des premières phalanges et sur la tête du cinquième métatarsien.
- **Géodes** sous-chondrales.

Signes tardifs

Déformations et **destructions** articulaires, dont les plus classiques sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Sites	Atteintes destructrices et déformantes
Carpe	**Carpite fusionnante** : disparition des interlignes articulaires, avec os du carpe non individualisables
Doigts	Déviation des doigts en « **coup de vent ulnaire** » : subluxation des articulations métacarpo-phalangiennes avec déviation ulnaire des doigts **Rupture tendineuses** des tendons extenseurs responsables de différentes déformations : ▸ extension de l'interphalangienne proximale et flexion de l'interphalangienne distale (déformation clinique en « col de cygne) ▸ flexion de l'interphalangienne proximale et hyperextension de l'interphalangienne distale (déformation en boutonnière) ▸ chute en flexion de la dernière phalange (doigt en « maillet »)
Articulation radiocarpienne	Arthrite radiocarpienne avec **subluxation antérieure du carpe** (associée à une ténosynovite des extenseurs du poignet, elle est responsable d'une déformation clinique du poignet en « dos de chameau »)
Articulation radio-ulnaire inférieure	**Subluxation postérieure de la tête ulnaire** (déformation clinique en « touche de piano »)
Pouce	**Déformation du pouce en Z** : flexion de l'articulation métacarpo-phalangienne et hyperextension de l'articulation interphalangienne du premier rayon
Pied	**Hallux valgus** : déviation du premier métatarsien en varus et de l'hallux en valgus **Quintus varus** : déviation en varus du cinquième orteil
Hanche	**Coxite destructrice** avec tendance à la protrusion acétabulaire
Rachis cervical	**Diastasis atloïdo-axoidien** (supérieur à 4 mm sur un cliché de profil du rachis cervical en flexion)

Complications

L'IRM cervicale recherche une compression médullaire en cas de **luxation atloïdo-axoidienne**.

Éléments pronostiques

La **précocité d'apparition des érosions articulaires** fait partie des éléments pronostiques de la maladie.

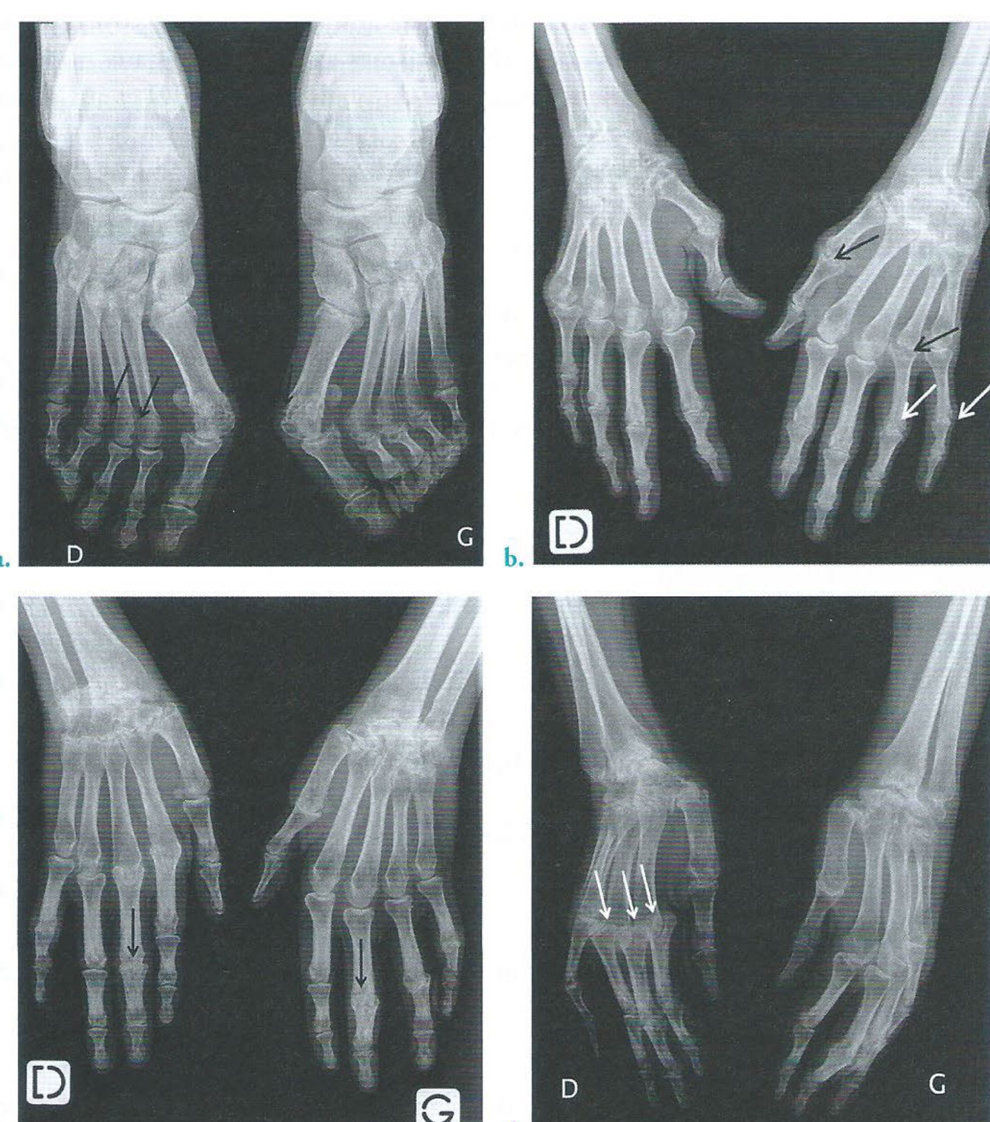


Figure 252 - Polyarthrite rhumatoïde

a. radiographie des deux pieds de face. Érosions épiphysaires distales bien visibles des bords médiaux des épiphyses distales des deuxième et troisième métatarsiens droit et du premier métatarsien gauche (flèches). Il existe par ailleurs un hallux valgus bilatéral ; b. radiographie des deux mains de face. Disparition des interlignes articulaires du carpe : carpite fusionnante bilatérale. Disparition également des interlignes radiocarpiens. Déformation du pouce droit en Z. Pincements interphalangiens proximaux des quatrième et cinquième rayons gauches (flèches blanches). Destruction de l'épiphyse proximale des premières phalanges des premier et quatrième rayons gauches (flèches noires) ; c. radiographie des deux mains de face (autre patient). Carpite fusionnante bilatérale et disparition des interlignes ulnocarpiens et radiocarpiens. Pincements interphalangiens proximaux diffus, les plus nets sont signalés par les flèches. Pincement métacarpo-phalangien du premier rayon gauche ; d. radiographie des deux mains de trois quarts (même patient que c.) Luxations métacarpo-phalangiennes des deuxième, troisième et quatrième rayons droit mieux visibles.

3.2 Spondylarthropathies

3.2.1 Physiopathologie

C'est un **groupe de maladie ayant en commun une cible** : **l'enthèse** (zone d'insertion osseuse des ligaments, tendons et capsules articulaires).
Les spondylarthropathies sont constituées de la **spondylarthrite ankylosante** (SPA), du **rhumatisme psoriasique**, des **arthrites réactionnelles** et des **rhumatismes axiaux** associés aux maladies inflammatoires du tube digestif, aux manifestations articulaires du syndrome SAPHO et aux spondylarthropathies juvéniles.
Sous l'effet de facteurs génétiques et environnementaux, l'atteinte des enthèses se produit selon trois phases successives :

- **inflammation**, se traduisant par des érosions osseuses ;
- **fibrose cicatricielle** ;
- **production osseuse** (ossifications) : apparitions d'enthésophytes et/ou d'appositions périostées.

Les sites les plus touchés sont riches en composantes ligamentaires et fibreuses : **articulations sacro-iliaques, rachis, calcanéus.**
Les atteintes articulaires périphériques sont dues à des synovites (possiblement secondaires à des atteintes primitives des enthèses).

3.2.2 Imagerie

Elle participe au **diagnostic positif** et au **suivi** sous traitement.

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention**. On réalise les clichés suivants :

- incidence du bassin de face ;
- incidences du rachis lombaire de face et de profil (incluant la charnière dorso-lombaire) ;
- incidences centrés sur les articulations douloureuses.

Échographie articulaire

C'est un examen **de deuxième intention**, utilisée dans les formes périphériques prédominantes (détection précoce d'érosions, d'enthésites…).

TDM des sacro-iliaques, TDM du rachis

Ce sont des examens **de deuxième intention**, en cas de bilan radiologique normal. Cependant, on leur préfère si possible l'IRM, car la TDM ne permet pas de détecter l'inflammation précédant l'apparition des érosions osseuses.

IRM des sacro-iliaques, IRM du rachis

Ce sont des examens **de deuxième intention**, en cas de bilan radiologique normal, en raison de sa **très bonne sensibilité** tant pour l'atteinte inflammatoire que pour la détection des érosions.

Signes positifs

Articulations sacro-iliaques

Radiographie conventionnelle et TDM : atteinte **quasi constante**, en général bilatérale, évoluant selon quatre stades radiologiques :

Stade 1	**Déminéralisation** des berges articulaires aboutissant à un pseudo-élargissement de l'interligne
Stade 2	**Érosions** des berges articulaires (aspect en « timbre-poste »)
Stade 3	**Condensation** des berges articulaires
Stade 4	**Fusion complète** des berges articulaires (disparition de l'interligne articulaire : ankylose)

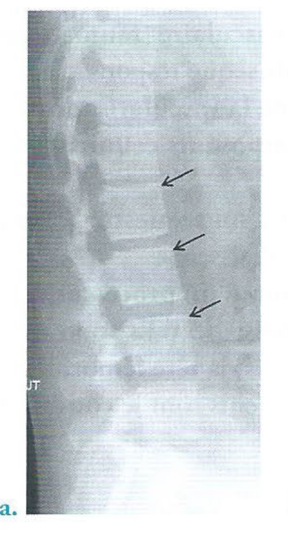
Initialement, les radiographies peuvent être **normales** en raison d'un retard radioclinique.
IRM : **sacro-iléite inflammatoire** apparaissant sous forme d'un hyposignal T1 et d'un hypersignal T2 de part et d'autre de l'interligne sacro-iliaque (prédominant sur le versant iliaque).

Rachis

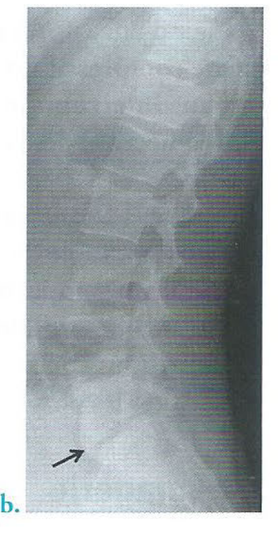
- **Érosions du rebord antérieur du corps vertébral** avec au maximum « mise au carré » de la vertèbre : perte de la concavité antérieure physiologique.
- **Ossification du ligament interépineux**.
- **Syndesmophytes** : production osseuse fine, de trajet vertical, naissant à l'angle du corps vertébral. Au maximum, les syndesmophytes fusionnent, formant des ponts entre les corps vertébraux (aspect de « colonne bambou »).
- **Érosions et condensation des plateaux vertébraux**.
- **Érosions et ankylose des articulations interapophysaires postérieures**.

Autres articulations

- **Pincement** et **érosions** des articulations interphalangiennes distales de la main.
- **Destruction** de l'articulation interphalangienne du premier rayon du pied.
- **Érosions** et **ossifications irrégulières** en regard des enthèses (face postérieure du calcanéus, tubérosités ischiatiques, grand trochanter).



a.



b.

c.

d.

Figure 253 - Spondylarthrite ankylosante
a. radiographie du rachis lombaire de profil. Mise au carré des vertèbres L2, L3 et L4 par résorption du coin vertébral antérosupérieur (flèches). Noter également la perte de la lordose physiologique ; b. radiographie du rachis lombaire de profil (autre patient). Production osseuse fine reliant les coins antéro-inférieur de L5 et antérosupérieur de S1 : syndesmophyte (flèche) ; c. radiographie du bassin de face : condensation irrégulière des berges articulaires sacro-iliaques, prédominant sur le versant iliaque (flèches) ; d. TDM du bassin, fenêtre osseuse, reconstruction coronale. Érosions de part et d'autre des articulations sacro-iliaques. Condensations des berges iliaques.

4 Ostéonécrose aseptique

4.1 Physiopathologie

Il s'agit d'une **rupture vasculaire traumatique**, d'une **obstruction intravasculaire** ou d'un **phénomène compressif extrinsèque** responsable :
- d'une **interruption de la vascularisation** intra-osseuse d'une épiphyse ;
- avec **nécrose des composants cellulaires** de l'os (cellules hématopoïétiques, ostéoblastes, adipocytes) ;
- puis de la **formation d'un séquestre osseux**, conservant initialement la forme de l'os « normal », puis susceptible de s'affaisser ;
- et enfin de l'**apparition d'un processus de réparation** en périphérie avec une prolifération vasculaire, une résorption osseuse, puis apposition d'un os néoformé (cal de réparation).

Le site le plus concerné est la **tête fémorale**, où l'ostéonécrose est fréquemment bilatérale. Les deux autres sites les plus fréquents sont le **condyle fémoral médial** et la **tête humérale**.

4.2 Imagerie

Elle pose le **diagnostic positif**, évalue le **pronostic** et réalise le **suivi**.

4.2.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention** devant une douleur de hanche, de genou ou de l'épaule selon les incidences habituelles déjà décrites. Il existe cependant un important retard radioclinique.

TDM

Elle permet de **détecter précocement** la zone de condensation périphérique et d'évaluer la taille du séquestre osseux.

Scintigraphie osseuse

C'est un examen **sensible** mais **moins spécifique** que l'IRM.

IRM

C'est **l'examen de référence** car il est précocement positif et spécifique de l'ostéonécrose. L'IRM fait d'autre part le diagnostic de gravité en évaluant le volume de la nécrose.

4.2.2 Signes positifs

Les classifications décrites ci-après se rapportent à l'ostéonécrose de la tête fémorale, cependant elles décrivent les mêmes phénomènes que ceux observés pour les autres sites d'ostéonécrose.

Radiographie conventionnelle

Pour la tête fémorale, les radiographies sont classées selon quatre stades de Ficat :

Stade 1	**Radiographies normales**
Stade 2	**Déminéralisation hétérogène** diffuse de la zone nécrosée, polaire supérieure, avec condensation périphérique, sans perte de la sphéricité de la tête
Stade 3	Apparition d'un **liseré clair sous-chondral** (trait de fracture de la plaque osseuse sous-chondrale, image en « coquille d'œuf »), puis **affaissement de la partie supérieure de la tête fémorale** (perte de la sphéricité céphalique)
Stade 4	**Coxarthrose secondaire**

TDM

Hypodensité du territoire nécrosé, cerné d'un **liseré de condensation** osseuse. Les mêmes stades que la classification radiographique peuvent être décrits.

Scintigraphie osseuse

Hypofixation (zone ischémique), cernée secondaire d'une **zone d'hyperfixation** (hyperhémie périphérique) puis **hyperfixation épiphysaire intense**.

IRM

Os nécrosé

Son signal **varie** selon le délai par rapport à l'interruption vasculaire, et est souvent **hétérogène**. Les principales étapes de modification du signal de l'ostéonécrose aseptique sont décrites dans le tableau ci-dessous. En réalité, le signal apparaît assez variable entre le premier stade de nécrose et le stade de fibrose. Le **volume de l'os nécrosé** doit être **évalué** car il représente une donnée pronostique importante.

Évolution du signal IRM de l'ostéonécrose aseptique

	T1	T2	Classification de Mitchell
Signal normal	Hypersignal	Isosignal	
Nécrose précoce	Hypersignal	Isosignal	A
Signal hémorragique	Hypersignal	Hypersignal	B
Signal liquidien	Hyposignal	Hypersignal	C
Fibrose scléreuse	Hyposignal	Hyposignal	D

Interface os nécrosé-os sain

Liseré en hyposignal T1 joignant une corticale à une autre (signe majeur pour le diagnostic). Il apparaît en hypersignal puis hyposignal T2 ;

Autres signes

Épanchement liquidien fréquent, en hypersignal T2 intense.
Il s'y associe souvent un **œdème médullaire** aspécifique (hypersignal T2 et hyposignal T1) de la tête fémorale.

4.2.3 Signes étiologiques

Dans les étiologies traumatiques, on peut visualiser un **trait de fracture** (fracture du col fémoral par exemple).

4.2.4 Complications

- **Bilatéralité** (aux hanches surtout).
- Dans les formes évoluées, recherche de signes d'**arthrose secondaire**.

IMPORTANT

Diagnostics différentiels des ostéonécroses de hanche ou autres étiologies des douleurs de hanche à radiographie normale

L'examen le plus rentable dans ce contexte est l'IRM de la hanche.

Fracture de fatigue : trait de fracture en hyposignal à faible distance de l'os sous-chondral, sans relation avec les corticales osseuses.

Algodystrophie : œdème étendu avec extension fréquente vers le col.

Coxarthrose débutante : amincissement et érosion du cartilage.

Pathologie abarticulaire : bursite péritrochantérienne, bursite du psoas, désinsertion tendineuse du droit fémoral ou du carré fémoral.

a.

b.

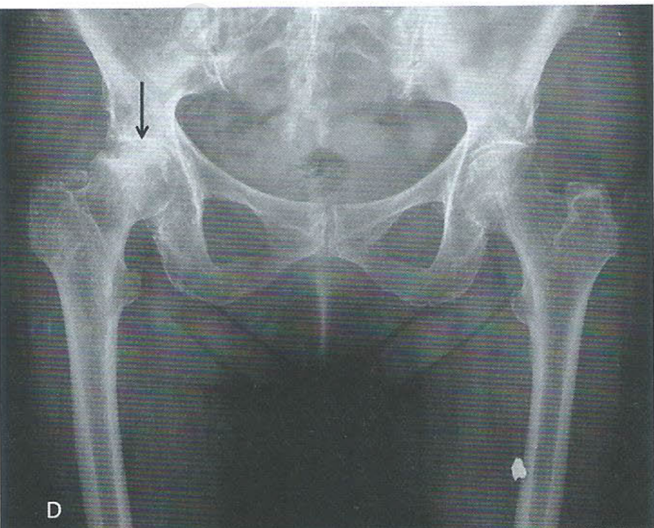


Figure 254 - Ostéonécroses aseptique de la tête fémorale

a. IRM du bassin, coupe coronale, séquence T1. Hyposignal modéré de la tête fémorale gauche, délimitée par un liseré d'hyposignal plus intense (flèche), reliant une corticale à l'autre, sans aplatissement de la tête fémorale. Ostéonécrose de la tête fémorale gauche ; **b.** radiographie de bassin de face. Applatissement de la tête fémorale droite (coxa plana, flèche), pincement de l'interligne coxo-fémoral et condensation sous-chondrale homolatérale. Séquelle d'ostéonécrose de hanche droite avec coxarthrose secondaire.

5 Algodystrophie

5.1 Physiopathologie

L'algodystrophie est définie comme un **syndrome douloureux**, **régional**, **articulaire et péri-articulaire**, associé à des troubles vasomoteurs et trophiques.
La **physiopathologie est mal connue**, l'algodystrophie serait secondaire à un dérèglement régional du système nerveux végétatif, pouvant être induit par des facteurs traumatiques (le plus souvent) ou non traumatiques.
L'évolution typique suit deux phases :

- une première **phase « chaude » inflammatoire** ;
- une deuxième **phase « froide » ischémique**.

Cependant, la deuxième phase peut se présenter d'emblée ou être absente. Les articulations les plus touchées sont les **chevilles**, les **pieds**, les **hanches**, les **épaules** et les **mains**.
L'évolution se fait habituellement vers la régression sans séquelle, souvent après plusieurs mois d'évolution.

5.2 Imagerie

Elle permet de poser le **diagnostic positif**, en complément des anomalies cliniques. Cependant, une imagerie normale ne permet pas de rejeter le diagnostic.

5.2.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention**, mais il existe un retard radioclinique de quelques semaines à quelques mois pour les premiers signes. Les clichés sont adaptés à l'articulation douloureuse et effectués de manière comparative.

Scintigraphie osseuse

C'est l'examen **sensible précocement** mais pouvant **manquer de spécificité**.

IRM

Cet examen est **aussi sensible** que la scintigraphie, mais **plus spécifique**. L'IRM se normalise plus vite que la scintigraphie.

5.2.2 Signes positifs

Radiographie conventionnelle

Déminéralisation osseuse de la corticale sous-chondrale, discrète au début, puis **hétérogène** d'aspect « moucheté ». L'atteinte est **régionale**, prédominant à l'extrémité distale du membre.

Scintigraphie

Hyperfixation locorégionale au temps vasculaire (imagerie précoce après injection) et osseux (imagerie tardive après injection), avec **extension** d'une fixation moindre des articulations situées à proximité. Elle peut être absente aux pieds et aux épaules.

IRM

Œdème médullaire en hyposignal T1 et hypersignal T2, au contact d'une surface articulaire, de **limites floues**. Épanchement intra-articulaire et œdème des parties molles inconstants. Elle peut être normale dans certaines localisations (extrémités).

IMPORTANT
Signes négatifs de l'algodystrophie

- Radiographie : respect de l'interligne articulaire.
- IRM : absence de liseré d'hyposignal joignant une corticale à une autre (diagnostic différentiel avec l'ostéonécrose aseptique).

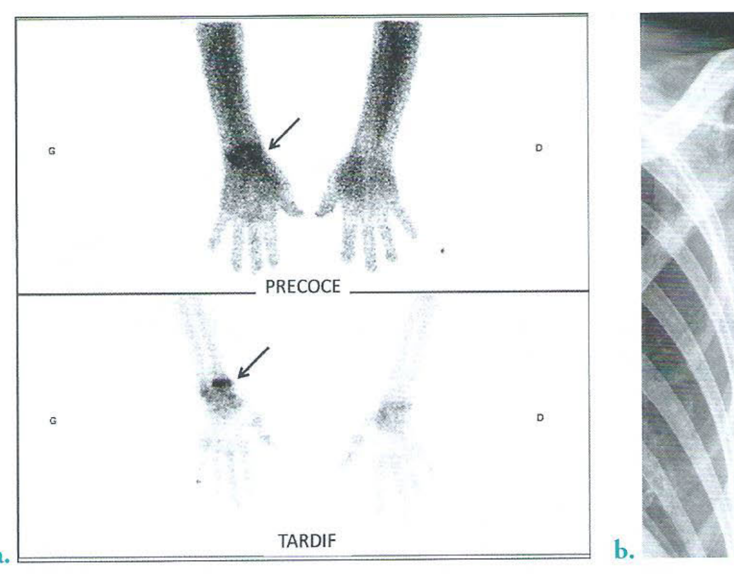


Figure 255 - Algodystrophie
a. scintigraphie osseuse, clichés centrés sur les mains. Image du haut : temps vasculaire précoce après injection de diphosphonates technétiés, image du bas : temps osseux tardif. Hyperfixation gauche aux temps précoce et tardif des extrémités inférieures de l'ulna et du radius et du carpe (flèches), avec au temps tardif association d'une hyperfixation modérée des articulations métacarpo-phalangiennes (comparer à la main droite). Algodystrophie du poignet gauche ; **b.** radiographie d'épaule gauche de face. Déminéralisation osseuse mouchetée étendue de la glène et de l'humérus. Algodystrophie de l'épaule gauche.

6 Maladie de Paget

6.1 Physiopathologie

C'est une **ostéodystrophie bénigne**, intéressant un ou plusieurs os, secondaire à des facteurs génétiques et/ou environnementaux responsables d'un remodelage osseux anarchique et exubérant avec :

- une **hypertrophie osseuse** ;
- des **anomalies de l'architecture osseuse** (perte de la différenciation cortico-médullaire, trabéculation anarchique de l'os spongieux, alternance de plage d'os « normal » et de plage d'os « tissé ») ;
- une **hypervascularisation osseuse** ;
- une **accélération du remodelage** osseux.

Les localisations préférentielles sont : le **bassin**, les **vertèbres** lombaires et dorsales, le **fémur** et le **crâne**.

Les **complications** sont variées : fissures, fractures (l'os pagétique est fragilisé), arthropathies, compression radiculaire ou médullaire, rarement dégénérescence sarcomateuse.

6.2 Imagerie

Elle pose le **diagnostic positif**, fait le **bilan d'extension**, participe au **suivi** et permet la recherche de **complications**. Le diagnostic est souvent **fortuit**.

6.2.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention**, utilisé pour le diagnostic et le suivi. À la découverte d'une maladie de Paget sur une localisation, on réalise un bilan d'extension avec les incidences suivantes :
- crâne de face et de profil systématiquement ;
- autres incidences en fonction des zones d'hyperfixation scintigraphique (bassin, rachis dorso-lombaire fréquemment impliqués).

Scintigraphie osseuse

Elle fait le **bilan initial** d'extension de la maladie mais n'a pas d'intérêt dans le suivi.

TDM et IRM

Elles sont réservées à la recherche et au bilan des éventuelles **complications**.

6.2.2 Signes positifs

Radiographie conventionnelle

Anomalies élémentaires	Aspects spécifiques selon les localisations
Hypertrophie osseuse : épaississement des corticales, allongement de l'os	Aspect de vertèbre en cadre Épaississement de la voûte du crâne
Déformations osseuses	Incurvation du tibia en « lame de sabre »
Plages d'ostéolyse	Ostéoporose circonscrites (crâne) Image de « V pagétique » (os longs)
Condensation globale	Aspect de vertèbre ivoire
Dédifférenciation cortico-médullaire	(Visibles dans toutes les localisations)
Condensation de l'os trabéculaire : travées osseuses épaisses, grossières et d'orientation anarchique	

L'atteinte du bassin est fréquemment unilatérale.

Scintigraphie

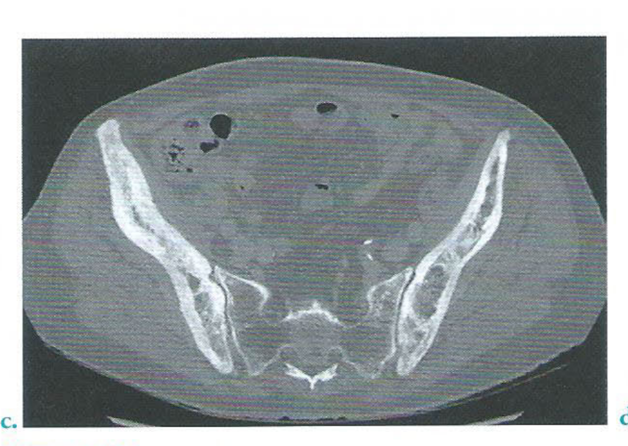
Hyperfixation intense des os atteints.

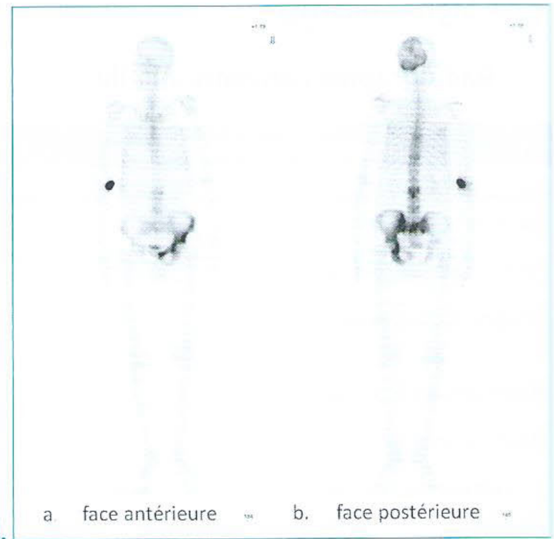
6.2.3 Complications

- **Fractures, fissures** (mieux vues en TDM et IRM).
- Retentissement articulaire : **coxopathie pagétique** (protrusion acétabulaire et coxa valga) **arthropathie pagétique du genou** (genu varum).
- **Compressions radiculaires et médullaires** (IRM, *voir « Lomboradiculalgies et névralgies cervicobrachiales », page 395, et le chapitre 19, « Compression médullaire », page 349)*.
- **Dégénérescence sarcomateuse** (située le plus souvent sur le fémur et l'humérus). **Ostéolyse de limites floues** avec **extension aux parties molles**.

a.

b.


c.



d.

Figure 256 - Maladie de Paget
a. radiographie du rachis lombaire de profil. Hypertrophie du corps vertébral de L3 (astérisque), avec épaississement des corticales responsable d'un aspect en cadre. La vertèbre présente par ailleurs une diminution de hauteur secondaire à une fracture-tassement. Noter également une fracture tassement du corps vertébral de T12, d'allure porotique ; b. radiographie du bassin de face. Épaississement des corticales du fémur droit, avec hypertrophie globale du fémur et aspect grossier de la trabéculation osseuse ; c. TDM du bassin, coupe axiale, fenêtre osseuse. Hypertrophie des corticales de l'ilium, prédominant à droite, avec aspect grossier des trabéculations osseuses ; d. scintigraphie osseuse, corps entier. Hyperfixation intense, homogène de l'hémibassin gauche et de la vertèbre L2, hyperfixation de la voûte crânienne (face postérieure) : maladie de Paget polyostotique (l'hyperfixation en regard du coude droit correspond au site d'injection).

7 Pathologie tumorale

7.1 Myélome multiple des os

7.1.1 Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit d'une **lymphoprolifération maligne de type B**, produisant des clones de plasmocytes, avec **synthèse non contrôlée d'immunoglobulines**.
C'est l'hémopathie maligne la plus fréquente après le lymphome non hodgkinien. Les hommes sont légèrement plus touchés que les femmes.
Les conséquences de la production de différentes cytokines par le clone tumoral sont les suivantes :
- **résorption osseuse** ;
- **apparition de déminéralisation** osseuse et de **lésions lytiques**.

Il existe par ailleurs de multiples manifestations extraosseuses de la maladie (dont immunologiques et rénales).

7.1.2 Imagerie

Le diagnostic positif, suspecté sur des arguments clinicobiologiques et éventuellement radiologiques, est affirmé après un examen **cytologique** ou **histologique** de la moelle osseuse. L'imagerie permet une **évaluation pronostique** et est également utile pour le suivi et la recherche de **complications**.

Modalités

Radiographie conventionnelle

Elle reste d'actualité dans le **premier bilan** du myélome ; on réalise les incidences suivantes :
- crâne de face et de profil ;
- rachis dorsal et lombaire, de face et de profil ;
- bassin de face ;
- fémurs et humérus de face et de profil.

Scintigraphie osseuse

Elle **n'est pas indiquée**, car les lésions du myélome présentent une fixation très variable (parfois non fixantes).

TDM

Elle **n'est pas un examen de première intention**, mais sa sensibilité est supérieure à la radiographie. Elle est parfois utilisée pour la réalisation de biopsie guidée, ou pour le bilan d'une complication (fracture...).

IRM rachidienne

Sa **sensibilité** est également nettement **supérieure** à celle de la radiographie conventionnelle pour la détection des lésions osseuses du myélome. Elle est d'intérêt indiscuté en cas de compression médullaire. Même si sa place reste à déterminer, l'IRM du rachis entier et du bassin est également souvent réalisée dans le **bilan initial**, et parfois pour le **suivi**.

TEP-TDM au 18-FDG

Son indication est à discuter **au cas par cas**, elle semble être une technique d'avenir dans cette pathologie pour le bilan initial (notamment en cas de plasmocytome isolé pour rechercher d'autres localisations) et pour le suivi sous traitement.

Signes positifs

Radiographie conventionnelle et TDM

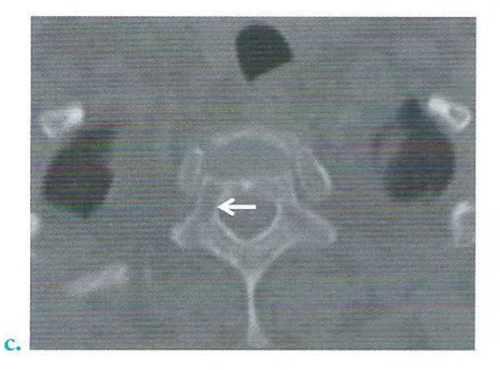
- Lésions **ostéolytiques bien limitées**, sans liséré d'ostéocondensation périphérique (« lacunes à l'emporte-pièce »), en général multiples.
- Plages ostéolytiques **plus étendues**.
- **Hypertransparence osseuse** diffuse secondaire à la déminéralisation.

IRM

Infiltration tumorale de la moelle osseuse apparaissant en hyposignal T1, iso- ou hypersignal T2.

a.

b.


c.

d.

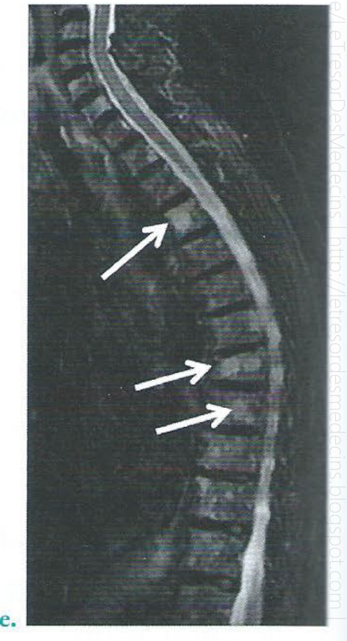

e.

Figure 257 - Myélome multiple des os
a. radiographie du crâne de profil : multiples lacunes bien circonscrites des os du crâne ; **b.** radiographie du rachis dorsal de face, disparition du pédicule droit de T3 (flèche) ; **c.** TDM du rachis dorsal, fenêtre osseuse, coupe axiale (même patient que **b.** : lyse pédiculaire droite de T3 [flèche]) ; **d.** IRM du rachis cervico-thoracique, coupe sagittale, séquence T1. Multiples lésions en hyposignal des corps vertébraux (les plus nettes fléchées). Fracture tassement du corps vertébral de T7 ; **e.** IRM du rachis cervico-thoracique, coupe sagittale, séquence T2 Stir (même patient que d). Les lésions visibles sur la séquence T1 apparaissent en hypersignal.

Complications

Fractures osseuses pathologiques

Favorisées par des lésions lytiques ou la déminéralisation osseuse globale :
- **vertébrales** : fractures tassements d'allure maligne, avec fréquent recul du mur postérieur ;
- des **os longs**, des **côtes** et du **sternum**.

Compression médullaire et radiculaire

En IRM, *voir « Lomboradiculalgies et névralgies cervico-brachiales », page 395, et le chapitre 19, « Compression médullaire », page 349.*

7.2 Tumeurs osseuses primitives

7.2.1 Épidémiologie et anatomopathologie

Les tumeurs osseuses primitives regroupent des tumeurs **bénignes** et **malignes**. L'incidence des tumeurs bénignes, souvent asymptomatiques et de découverte fortuite, est **plus importante** que l'incidence des tumeurs malignes (elle-même bien plus faible que celles des lésions osseuses secondaires). Elles concernent surtout **l'enfant** et l'**adulte jeune**. Les origines cellulaires sont **variées** (ostéogénique, chondrogénique, hématopoïétique, neuro-ectodermique…) et les types histologiques nombreux *(résumés dans les tableaux 1 et 2 pages 386-387).*

IMPORTANT
Diagnostics différentiels des tumeurs osseuses primitives

Il faut toujours les évoquer (les tumeurs osseuses primitives étant des lésions rares) :
- tumeurs osseuses secondaires (métastases), hémopathie (myélome) ;
- pseudo-tumeurs : lésions infectieuses (ostéite chronique, abcès sous-périosté), lésions granulomateuses (granulome éosinophile), pathologies articulaires (macrogéodes sous-chondrales…).

7.2.2 Imagerie

Pour la plupart des **tumeurs bénignes**, elle **suffit à poser le diagnostic** dans les formes typiques. Dans le cadre des **tumeurs malignes**, elle **oriente le diagnostic** et fait le **bilan d'extension**.

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention**, parfois suffisant en cas de lésion osseuse typiquement bénigne, sinon elle est complétée par la TDM et/ou l'IRM. Sa sensibilité peut être prise en défaut (lésion de petite taille, sans rapport cortical).

TDM

Elle **précise** et **complète** les données radiographiques. Elle peut guider la réalisation de prélèvement biopsiques.

IRM

Elle apporte des arguments forts pour le **diagnostic positif**, en complément de la TDM, et fait le **bilan d'extension local** (intramédullaire et dans les parties molles). Elle doit précéder le prélèvement biopsique (remaniements hémorragiques et œdémateux susceptibles de fausser la sémiologie).

Scintigraphie

Elle est indiquée pour la **recherche de lésions secondaires** des tumeurs malignes ossueuses.

Signes positifs

Tumeurs bénignes

Le diagnostic peut être **uniquement radiologique**. Les fréquences sont données à titre indicatif, mais sont en réalité difficiles à estimer (puisque ce sont des tumeurs de découverte souvent fortuite). Des **signes fracturaires** peuvent s'ajouter à la sémiologie radiologique décrite. *Voir tableau 2.*

Tumeurs malignes

Le diagnostic est toujours **histologique**. *Voir tableau 1.*

Tableau 1 – Tumeurs malignes

	Terrain et origine	Localisation préférentielle	Aspect	Remarques
Ostéosarcome	Sujets de 10 à 25 ans Ou septième et huitième décades (postradique, postpagétique) Prédominant chez l'homme Origine ostéogénique	Métaphyse des os longs (90 %), près du genou dans deux tiers des cas Os plats (plus rares)	Ostéolyse et/ou ostéocondensation avec appositions périostées, destruction corticale, envahissement des parties molles adjacentes	Recherche de métastases pulmonaires (pouvant être calcifiées) par TDM Autres métastases : ganglionnaires, osseuses
Chondrosarcome	Troisième à cinquième décade Prédominant chez l'homme Origine chondrogénique	Métaphyse des os longs (fémur, humérus), Bassin, côtes	Ostéolyse de grande taille, pouvant contenir des calcifications, envahissement des parties molles	Évolution en général plus lente que l'ostéosarcome Mêmes sites métastatiques
Sarcome d'Ewing	Sujets de 5 à 25 ans Prédominant chez l'homme Origine neuro-ectodermique	Siège métaphysodiaphysaire des os longs (fémur, tibia, humérus) Os plats	Ostéolyse mal limitée, destruction corticale, réaction périostée exhubérante, masse des parties molles	Tumeur très agressive Métastastases en général pulmonaires
Lymphome osseux primitif	Troisième à cinquième décade 1 à 3 % des lymphomes Origine hématopoïétique	Métaphyse des os longs, près du genou	Ostéolyse (ou ostéolyse + ostéocondensation) irrégulière, mouchetée Réaction périostée inconstante Extension aux parties molles dans les formes agressives	Meilleur pronostic que celui des autres tumeurs osseuses primitives
Plasmocytome solitaire	Sujets d'âge mûr Origine hématopoïétique (prolifération plasmocytaire localisée)	Bassin, os longs, rachis	Ostéolyse avec condensation périphérique Corticale pouvant être soufflée	Évolution secondaire vers le myélome dans 50 % à 75 % des cas

Tableau 3 – Tumeurs bénignes et pseudo-tumeurs

Tumeur (fréquence approximative parmi les tumeurs osseuses bénignes)	Terrain	Localisation	Aspect en imagerie	Remarques
Enchondrome (environ 12 %)	Troisième et quatrième décade Sex-ratio équilibré Origine chondrogénique	Os des mains (50 %), des pieds, côtes Siège métaphysaire ou métaphysodiaphysaire des os longs	Ostéolyse arrondie bien limitée de l'os spongieux, contenant souvent de fines calcifications punctiformes, cernées d'un liseré dense Peut déformer les corticales (caractère expansif)	Risque de dégénérescence pour les formes rhizoméliques (bassin et ceinture scapulaire)
Ostéochondrome ou exostose (8 à 12 %)	Deuxième décade Légère prépondérance masculine Origine chondrogénique	Métaphyse des os longs, site préférentiel autour du genou (fémur et tibia) et humérus Unique ou multiple (maladie exostosante multiple héréditaire)	Excroissance osseuse sessile ou pédiculée, perpendiculaire à la métaphyse, dirigée vers la diaphyse Coiffe cartilagineuse parfois calcifiée	Risque de dégénérescence maligne dans les formes multiples
Ostéome ostéoïde (environ 12 %)	Deuxième et troisième décade Prédominance masculine Origine ostéogénique	Siège métaphysodiaphysaire des os longs (fémur, tibia, humérus) Arc postérieur des vertèbres, des os des mains et des pieds Situation spongieuse, intracortical ou sous-périostée	Lésion lytique de petite taille (moins de 2 cm), au centre parfois calcifié (nidus), avec important liseré de sclérose périphérique (voire hyperostose corticale)	Peut provoquer des douleurs, typiquement nocturnes et soulagées par les anti-inflammatoires (non spécifique)
Hémangiome (environ 10 %)	Sujets de plus de 40 ans Prédominance féminine Origine vasculaire	Rachis (thoracique) et crâne	Corps vertébral : déminéralisation corporéale, travées osseuses grossières avec aspect grillagé	Existence de formes localement agressive, avec atteinte concomitante de l'arc postérieur
Tumeur à cellules géantes (4 à 9 %)	Troisième et quatrième décade Légère prédominance féminine Origine histiocytaire	Siège épiphysométaphysaire des os longs : fémur, tibia, radius, humérus	Lésion ostéolytique excentrée, avec extension à l'os sous-chondral , contours nets sans ostéocondensation	Tumeur bénigne localement agressive avec risque de récidive locale
Chondroblastome (environ 1 %)	Sujets de 5 à 25 ans Prédominance masculine Origine chondrogénique	Épiphyse des os longs : fémur, humérus, tibia, rarement rachis et os plats	Lésion lytique bien limitée, arrondie, de petite taille (moins de 4 cm) cernée d'un liseré de condensation Contient parfois des calcifications	Diagnostic histologique
Kyste osseux essentiel (pseudo-tumeur)	Première et deuxième décade Origine inconnue	Métaphyse des os longs : extrémité proximale du fémur et de l'humérus	Lacune ovoïde, pouvant contenir des arêtes osseuses, amincissement cortical en regard	Découverte fréquente sur fracture pathologique
Fibrome non ossifiant (pseudo-tumeur, la plus fréquente des modifications osseuses bénignes)	Première et deuxième décade Origine fibreuse	Siège métaphysodiaphysaire Os longs (tibia, fémur) Centré sur la corticale	Ostéolyse polycyclique, cernée d'un liseré de condensation, pouvant souffler la corticale	Appelée aussi *cortical defect* (en général terme réservé aux lésions inférieures à 2,5 cm, très fréquent chez l'enfant) Évolution spontanée vers la guérison

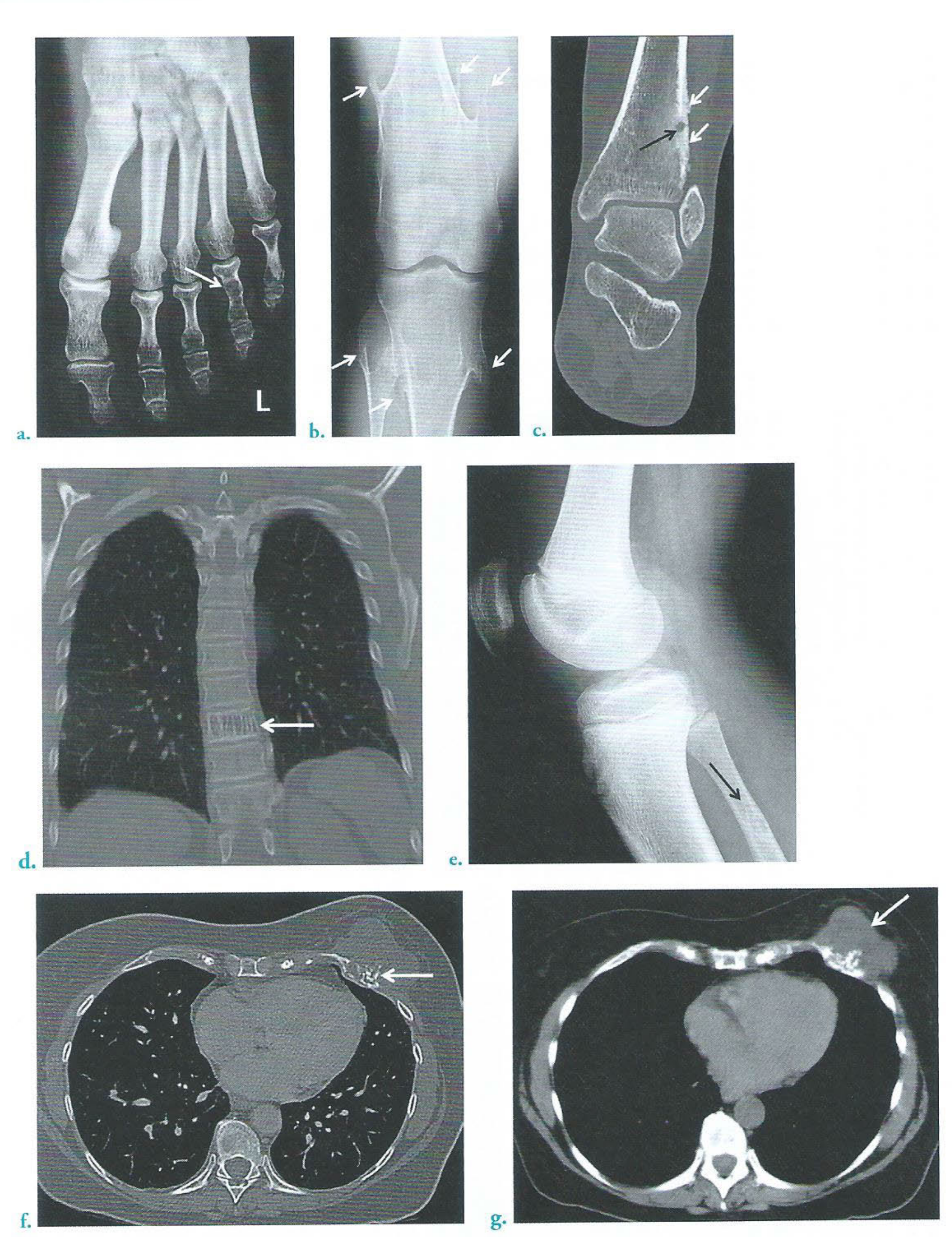


Figure 258 - **Tumeurs osseuses primitives**
a. radiographie de l'avant-pied gauche de face. Ostéolyse arrondie, bien limitée, avec liseré dense proximal, centrée sur la métaphyse distale de la première phalange du quatrième rayon (flèche). Déformation des corticales. Enchondrome ; b. radiographie du genou droit de face. Multiples excroissances osseuses (flèches) de l'extrémité inférieure du fémur et des extrémités supérieures des tibia et fibula, sessile (fibula) ou pédiculés, dirigées vers les diaphyses. Maladie exostosante multiple héréditaire ; c. TDM de la cheville gauche, reconstruction coronale, fenêtre osseuse. Lésion ostéolytique (flèche) centrée sur la corticale latérale du tibia, associée à une hyperostose corticale. Ostéome ostéoïde ; d. TDM thoracique, reconstruction coronale, fenêtre osseuse. Aspect grillagé du corps vertébral de T10 (flèche). Hémangiome ; e. radiographie du genou droit de profil (enfant). Ostéolyse polycyclique (flèche) centrée sur la corticale de l'extrémité supérieure de la fibula, cernée d'un liseré de condensation. Cortical defect ; f. et g. TDM thoracique, coupes axiales. Chondrosarcome de la cinquième côte gauche ; f. fenêtre osseuse. Lésion costale lytique avec disparition quasi complète des corticales et spicules dans les parties molles (flèche) ; g. fenêtre médiastinale. Envahissement des parties molles (flèche).

Résumé des arguments diagnostiques sur l'imagerie

	En faveur d'une lésion bénigne	En faveur d'une lésion maligne
Contours	▸ Nets, bien limités (croissance lente) ▸ Si ostéolyse : liséré de condensation périphérique	▸ Flous (croissance rapide) ▸ Ostéolyse sans liseré de condensation périphérique
Corticales	Respectées	Erodées ou rompues
Réaction périostée	Absente ou compacte	Présente : ▸ spiculée (« feu d'herbes ») ▸ lamellaire (« bulbe d'oignon »)
Envahissement des parties molles	Absent	Présent (argument diagnostic le plus fort)
Progression	Absente ou lente	Rapide

7.3 Lésions osseuses secondaires

7.3.1 Physiopathologie

Elles sont liées à la présence de cellules malignes au sein d'une tumeur primitive, dotées d'une **capacité de métastases** :
- **circulation dans les vaisseaux** veineux, artériels ou lymphatiques ;
- puis **colonisation osseuse** ;
- sécrétion de molécules stimulant la **résorption osseuse : lésions lytiques** ;
- et/ou sécrétion de molécules stimulant la **formation osseuse : lésions condensantes.**

Ce sont des lésions secondaires **fréquentes** (troisième en incidence après les métastases hépatiques et pulmonaires).

Les os les plus souvent atteints sont : le **rachis**, le **bassin**, le **crâne**, les **côtes**, les extrémités proximales des **fémurs** et des **humérus**. Les localisations distales sont rares.

Les cancers les plus ostéophiles sont les cancers de la **prostate**, du **poumon**, du **sein**, du **rein** et de la **thyroïde.**

7.3.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est **l'examen de première intention** devant des douleurs osseuses. La sensibilité n'est pas parfaite et il existe un retard radioclinique. Les clichés sont centrés sur les zones douloureuses.

Scintigraphie osseuse

Elle fait le **bilan d'extension global** de la maladie métastatique osseuse. Cependant sa sensibilité n'est pas de 100 %, certaines lésions ne fixant pas le traceur injecté.

TDM

Elle est réalisée dans les cas où une fixation scintigraphique **n'est pas visible sur les radiographies standard**, car elle détecte des lésions de petite taille, sans atteinte corticale. Elle peut guider si besoin un geste biopsique.

IRM

C'est **l'examen le plus sensible** (supériorité par rapport à la TDM), notamment pour les lésions secondaires du rachis. Elle permet d'évaluer l'extension aux parties molles et de rechercher des complications neurologiques. Elle est réalisée avec injection de produit de contraste.

Signes positifs

Radiographie et TDM

- Lésions **ostéolytiques** : **lacunes sans liseré de condensation périphérique**, avec possible extension aux corticales et aux parties molles, souvent multiples. Elles peuvent prendre un caractère soufflant.
- Lésions **condensantes** : **opacités plus ou moins bien limitées**, parfois aspect de vertèbre ivoire sur le rachis.
- Lésions **mixtes** : associant images lytiques et condensantes.
- Le tableau ci-dessous décrit l'orientation étiologique en fonction des caractéristiques morphologiques des métastases osseuses.

Caractéristiques des lésions	Origines les plus fréquentes
Lytiques	Tous types
Soufflantes	Rein, thyroïde
Condensantes	Prostate
Mixtes	Sein
Extrémités	Bronches, tube digestif
Intracorticales	Bronches

Scintigraphie

Foyers d'hyperfixation intense des os atteints.

IRM

Envahissement de la moelle osseuse, se traduisant par un hyposignal T1 de la moelle osseuse, un hypersignal T2 et une prise de contraste.

Complications

IMPORTANT

Causes de vertèbre « ivoire »

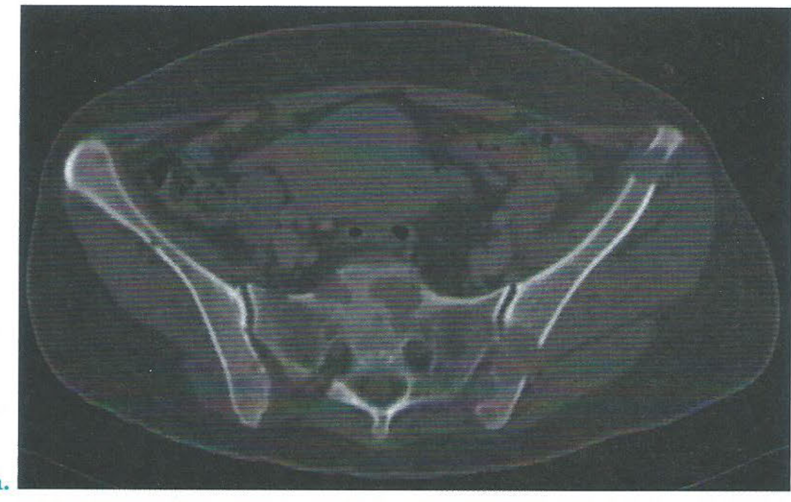
C'est une vertèbre présentant un aspect globalement condensé, sans déformation de ses contours. Les étiologies peuvent être bénignes ou malignes :
- maladie de Paget ;
- spondylodiscite tuberculeuse ;
- ostéodystrophie rénale ;
- lymphome osseux primitif ;
- métastastase ostéocondensante (notamment de cancer de prostate) ;
- myélome.

Fractures pathologiques

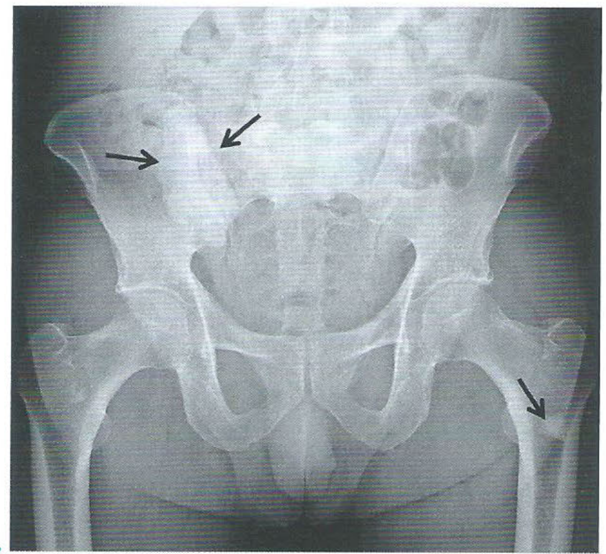
- Rachis : **fracture-tassement vertébral** pouvant présenter un aspect bénin. Il faut cependant rechercher une lyse pédiculaire, la disparition d'une corticale, un envahissement des parties molles.
- Os longs : **trait de fracture surajouté** à une lésion osseuse lytique.

Compression médullaire

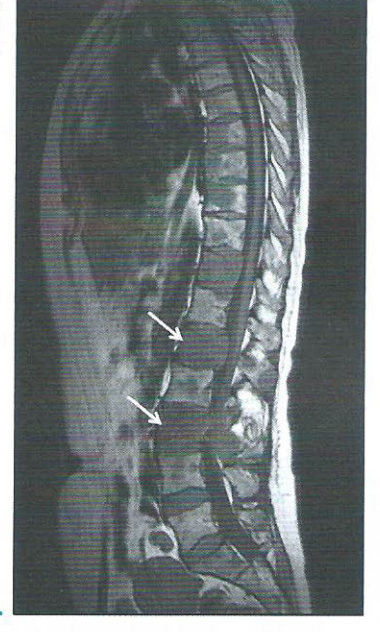
En IRM, *voir le chapitre 19 « Compression médullaire », page 349.*



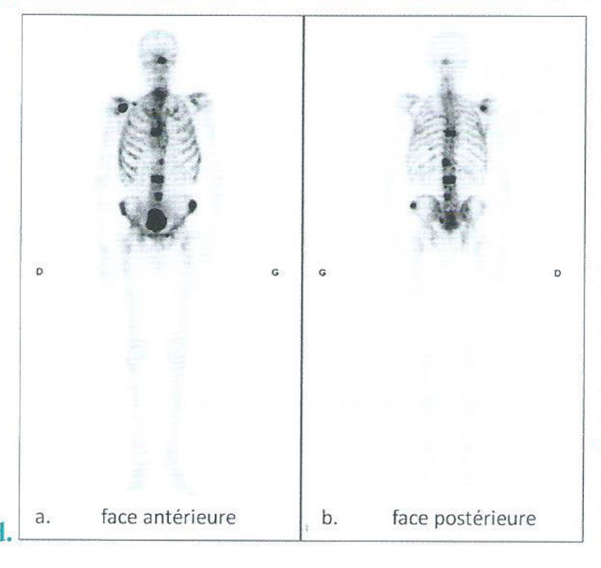
a.



b.



c.



d.

Figure 259 – Lésions osseuses secondaires
a. TDM pelvienne, coupe axiale, fenêtre osseuse : lésions lytiques multiples du bassin (cancer du sein) ; **b.** radiographie du bassin de face. Lésions ostéocondensantes bien limitées de part et d'autre de l'articulation sacro-iliaque droite et du fémur gauche (cancer de prostate) ; **c.** IRM du rachis dorso-lombaire, coupe sagittale, séquence T1. Hypo-intensités T1 atteignant la plupart des corps vertébraux dorso-lombaires. Les vertèbres L1 et L3 (flèches) présentent par ailleurs un tassement de leurs corps vertébraux et une atteinte des arcs postérieurs, s'étendant vers le fourreau dural en L3 (cancer du sein) ; **d.** scintigraphie osseuse, corps entier. Multiples foyers d'hyperfixation intense du rachis, des côtes, du bassin, de la clavicule droite, de l'extrémité supérieure de l'humérus droit et de la base du crâne (cancer de vessie).

8 Pathologie infectieuse

8.1 Spondylodiscite

8.1.1 Physiopathologie

On distingue deux modes d'infection :

- par **voie hématogène** (au cours d'une bactériémie) :
  - greffe bactérienne se développant initialement à la partie antérieure de la vertèbre ;
  - extension au disque intervertébral et aux vertèbres adjacentes ;
- plus rarement par **inoculation directe** (iatrogène), avec discite primitive puis extension aux corps vertébraux.

Les germes les plus fréquemment impliqués sont le staphylocoque doré, les bacilles gram négatifs, le streptocoque, le bacille de Koch. Rarement l'infection est d'origine mycotique (candida).

8.1.2 Imagerie

Elle constitue un **élément diagnostique** fort, recherche des **complications** et assure le **suivi**. Le diagnostic de certitude doit être bactériologique.

Modalités

Radiographie conventionnelle

Elle est réalisée **en première intention** mais le retard radioclinique est important (trois à quatre semaines). Les radiographies participent au suivi. On réalise des clichés de face et de profil du segment rachidien intéressé.

TDM rachidienne

Elle est de **meilleure sensibilité** que les radiographies conventionnelles, cependant inférieure à celle de l'IRM. Elle permet de guider la biopsie disco-vertébrale nécessaire au diagnostic bactériologique. Elle est centrée sur le segment rachidien intéressé, et réalisée avec injection de produit de contraste.

Scintigraphie osseuse

C'est l'examen **de deuxième intention**, en cas de contre-indication à l'IRM.

IRM rachidienne

C'est l'examen de choix, **en première intention**, en raison de sa grande sensibilité pour le diagnostic, et pour la recherche de complications. Elle est centrée sur le segment rachidien intéressé et est réalisée avec injection de produit de contraste.

Signes positifs

Radiographie conventionnelle et TDM

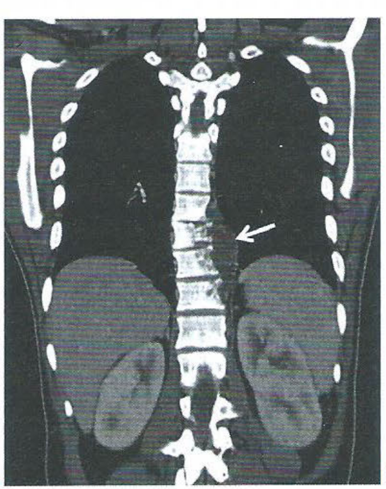
Initialement **normales**, puis **pincement discal global**, **déminéralisation** et **érosion** des plateaux vertébraux en miroir, **géodes**, et possible tassement antérieur des corps vertébraux ; à un stade tardif : **condensation** des corps vertébraux, **ostéophytose** témoignant des processus de reconstruction. Possible angulation en cyphose ou évolution en « bloc vertébral ».

Scintigraphie osseuse

Hyperfixation intense des plateaux vertébraux impliqués.

IRM

Irrégularité du disque intervertébral, **hyposignal T1 et hypersignal T2** du disque et des corps vertébraux en miroir de part et d'autre du disque intervertébral touché. **Rehaussement du disque intervertébral** après injection de produit de contraste gadoliné.



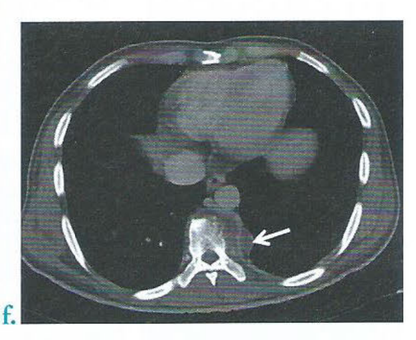


Figure 260 - Spondylodiscites

a. IRM du rachis dorsal, coupe sagittale, séquence T1 sans injection de produit de contraste. Hyposignal des vertèbres T8 et T9, et aspect irrégulier du disque intervertébral ; b. IRM du rachis dorsal, coupe sagittale, séquence T2 (même patient que **b.** Hypersignal des vertèbres T8 et T9, et aspect irrégulier du disque intervertébral ; **c.** IRM du rachis dorsal, coupe sagittale, séquence T1 après injection de produit de contraste et saturation de la graisse (même patient que b et c). Rehaussement des vertèbres T8 et T9 et du disque intervertébral. Spondylodiscite T8-T9 ; **d.** radiographie du rachis cervical de profil. Pincement de l'espace intervertébral C5-C6 (flèche) avec aspect hétérogène des corps vertébraux, érosions des plateaux et géodes. Séquelles de spondylodiscite C5-C6 ; **e.** TDM thoraco-abdominale avec injection de produit de contraste, reconstruction coronale fenêtre médiastinale. Collection paravertébrale gauche (flèche) en fuseau, en regard d'une érosion des bords gauches des corps vertébraux de T8 à T10 ; **f.** TDM thoraco-abdominale, coupe axiale, fenêtre médiastinale (même patient que e). Même image de collection paravertébrale gauche. Lyse osseuse du bord gauche du corps vertébral de T8. Spondylodiscite tuberculeuse avec abcès paravertébral.

Complications

- **Épidurite** : **coulée** dans l'espace épidural, **en iso- ou hyposignal T1 et hypersignal T2, rehaussée** après injection de contraste ;
- **Abcès des parties molles** périvertébrales : **collection paravertébrale** en fuseau, épidural ou sous-dural ;
- **Compression médullaire ou radiculaire** *(voir « Lomboradiculalgies et névralgies cervico-brachiales », page 395, et « Compression médullaire », page 349).*

IMPORTANT

Particularités de la spondylodiscite tuberculeuse (mal de Pott)

Elle touche préférentiellement le rachis dorsal et doit faire rechercher une autre localisation viscérale concomitante (notamment pulmonaire).
Elle peut être multifocale et peut n'atteindre que le corps vertébral (spondylite pure). On peut retrouver l'aspect de « vertèbre ivoire » *voir page 390.*
L'épidurite infectieuse est fréquente et se complique fréquemment d'abcès volumineux, souvent développés dans les muscles psoas, et de déformations tardives en cyphose.

8.2 Autres infections ostéo-articulaires

Le tableau suivant résume les principales données de l'imagerie pour les infections ostéo-articulaires autres que la spondylodiscite.

	Arthrites septiques	Ostéite et ostéomyélite
Physiopathologie	Contamination : ‣ par voie hématogène (le plus souvent) ‣ par inoculation directe (plaie, fracture ouverte, chirurgie)	Contamination : ‣ par voie hématogène ‣ par inoculation directe (idem arthrite)
Diagnostic	Bactériologique (hémocultures, ponction articulaire)	Bactériologique (hémoculture, biopsie osseuse, ponction d'abcès)
Rôle de l'imagerie	‣ Argument diagnostique ‣ Guidage des prélèvements ‣ Suivi	
Radiographie standard	‣ Retard radioclinique de 3 à 4 semaines ‣ Puis évolution rapide des signes radiologiques : déminéralisation épiphysaire, pincement articulaire global, érosions de l'os sous-chondral et géodes	‣ Retard radioclinique également ‣ Puis ostéolyse, condensation mal limitées, appositions périostées ‣ À distance : séquestre central (tissu osseux dévascularisé) avec condensation périphérique, épaississement périosté irrégulier
Échographie	Détection d'un épanchement de faible abondance	Non indiqué
Scintigraphie osseuse	Hyperfixation périarticulaire intense aspécifique	Hyperfixation osseuse intense aspécifique
TDM	Idem radiographie + recherche de lésion osseuse satellite	Idem radiographie + visualisation plus fine de la corticale osseuse et détection d'un abcès des parties molles
IRM	‣ Confirmation d'un épanchement en hypersignal T2 ‣ Détection précoce de la synovite ‣ Œdème médullaire osseux (hyposignal T1, hypersignal T2) ‣ Retard à la normalisation des images après guérison clinique	Œdème médullaire osseux (hyposignal T1, hypersignal T2) mis en évidence précocement (examen le plus sensible), visualisation d'un abcès (hyposignal T1, hypersignal T2, coque périphérique bien limitée prenant le contraste)

9 Lomboradiculalgies et névralgies cervico-brachiales

9.1 Lombosciatiques et lombocruralgies

9.1.1 Physiopathologie

Lombosciatiques et lombocruralgies résultent de **processus pathologiques rachidiens lombaires** (hernie discale, arthrose interapophysaire postérieure…) responsables d'une **douleur** lombaire et de la **compression d'une racine nerveuse** (à l'origine de la douleur radiculaire).

Pathologies	Racines atteintes
Lombocruralgies	L3 et L4
Lombosciatiques	L5 et S1

On distingue sur le plan étiologique les **lomboradiculalgies communes** (d'origine discale ou arthrosique) et **symptomatiques** (causées par une affection rachidienne ou extrarachidienne inflammatoire, infectieuse ou tumorale).
L'étiologie largement prédominante est la lomboradiculalgie commune par **hernie discale**.
D'autre part, on distingue les lomboradiculalgies **simples** et celles **compliquées** par un déficit moteur ou un syndrome de la queue de cheval.

Creusons le sujet
Physiopathologie de la hernie discale

Les disques intervertébraux les plus souvent atteints sont ceux des étages L4-L5 et L5-S1. En effet, ce sont les disques les plus mobiles et les plus sollicités. La hernie correspond à une saillie, de taille variable, du noyau pulpeux central du disque intervertébral à travers l'anneau fibreux périphérique.
Il faut savoir que la hernie discale est banale après 30 ans, et qu'un grand nombre de hernies sont asymptomatiques.

9.1.2 Imagerie

Une lombosciatique typique, chez un sujet jeune, sans argument pour une étiologie symptomatique ni signe de complication ne nécessite **pas d'imagerie en première intention**. Dans les autres cas, le rôle de l'imagerie est de **déterminer la cause** de la lomboradiculalgie, et/ou de faire le **bilan des complications**. Elle est également réalisée avant d'envisager un traitement chirurgical.

Modalités

Radiographie conventionnelle

On réalise des radiographies du rachis lombaire, de face et de profil. C'est un examen **de première intention** chez le sujet de plus de 50 ans ou chez l'adolescent, réalisé surtout pour éliminer une lombosciatique symptomatique. Elles seront aussi réalisées en cas de lomboradiculalgie résistante au traitement médical, ou avant certains traitements spécifiques (manipulation, infiltration).

TDM du rachis lombaire

Ce **n'est pas un examen de première intention**. Elle est réalisée en cas de persistance des douleurs malgré un premier traitement. Son but est de confirmer le diagnostic, d'évaluer la concordance avec la clinique et de rechercher une étiologie autre que discale. Les images doivent être visualisées en fenêtres osseuse (étude

des corps vertébraux, des articulations interapophysaires postérieures...) et parties molles (étude discale). L'IRM lui est cependant préférée dans les mêmes indications (examen plus sensible et non irradiant).

IRM du rachis lombaire

Ce **n'est pas un examen de première intention**. Elle est réalisée en cas de lombosciatique compliquée ou résistante au traitement, si possible préférentiellement à la TDM.

Saccoradiculographie

C'est un examen **rarement réalisé**. Il est indiqué lorsque le conflit disco-radiculaire suspecté cliniquement n'est pas détecté en TDM ou IRM. Les clichés étant réalisés en position debout, un conflit invisible en décubitus dorsal peut parfois être mis en évidence. Elle peut se coupler à la réalisation de clichés TDM (myélo-TDM).

Signes positifs des lomboradiculalgies par hernie discale

Indirects

Ce sont les **signes de discarthrose** : pincement discal, condensation en miroir de l'os sous-chondral de part et d'autre du disque atteint (radiographie, TDM), perte de l'hypersignal T2 normal du disque (IRM).

Directs

C'est la visualisation de la **hernie discale** responsable d'un **conflit disco-radiculaire concordant** avec la clinique, avec un débord du disque intervertébral dans le canal rachidien ou dans le foramen de conjugaison (TDM, IRM). Il faut préciser le **côté** et la **position** de la hernie : médiane, paramédiane (la plus fréquente), foraminale, extraforaminale. La hernie peut **migrer** en hauteur : déplacement du débord discal dans le plan sagittal, le plus souvent inférieur.

IMPORTANT

Position de la hernie et conséquence radiculaire

Selon la position de la hernie (paramédiane ou foraminale), elle ne comprimera pas les mêmes racines nerveuses, en raison du positionnement des racines dans le canal rachidien. Ainsi, la racine nerveuse de L4 peut être comprimée par une hernie médiane ou paramédiane homolatérale à l'étage L3-L4, ou par une hernie foraminale homolatérale à l'étage L4-L5 *(voir figure 252)*.

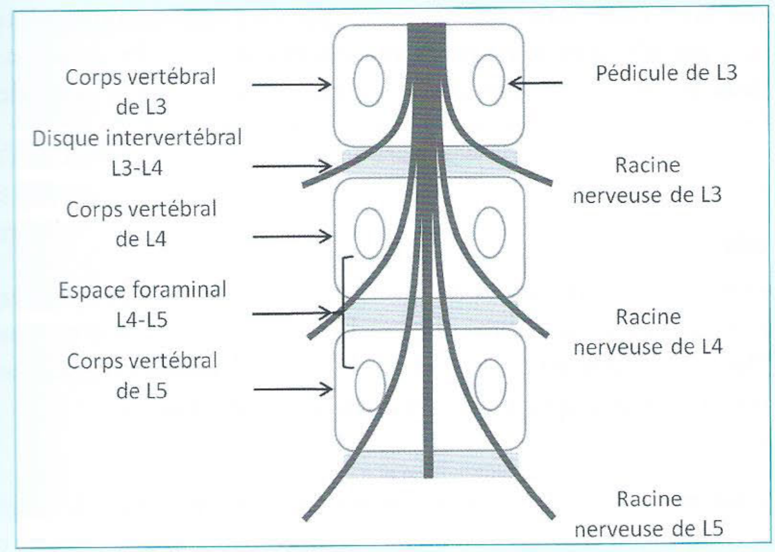


Figure 261 - Positionnement des racines nerveuses au rachis lombaire

Signes positifs des étiologies non discales de lomboradiculalgies

	Étiologies	Signes d'imagerie
LS communes	Canal lombaire étroit	Diminution de calibre du canal rachidien pouvant être centrale ou latérale
	Arthrose interapophysaire postérieure	Diminution de l'interligne articulaire, condensation sous-chondrale, géodes et ostéophytes
	Spondylolisthésis par lyse isthmique	Lyse isthmique (mieux visibles sur les clichés standard de trois quarts ou bien par TDM) Glissement antérieur de L5 par rapport à S1
LS symptomatiques	Tumeurs vertébrales (métastases, myélome) Tumeurs intradurales: neurinome, méningiome Infections : spondylodiscite Maladie de Paget Spondylarthropathies	Processus tumoral, infectieux ou inflammatoire venant au contact d'une ou de plusieurs racines nerveuses (signes positifs décrits dans les parties dédiées)

a.

b.

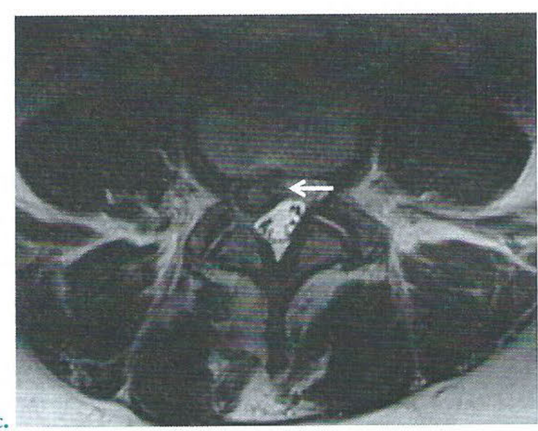

c.

Figure 262 - Hernie distale

IRM du rachis lombaire révélant une hernie discale L4-L5 : a. coupe sagittale, séquence T1 : débords discaux L3-L4 et L4-L5, avec migration herniaire en L4-L5 (flèche) ; b. coupe sagittale, séquence T2 : même informations qu'en séquence T1. L'hyposignal des disques L3-L4 et L4-L5 traduit la dégénérescence discale ; c. coupe axiale passant par l'étage L4-L5, séquence T2 : hernie discale paramédiane droite (flèche), responsable d'un conflit avec la racine L5 homolatérale.

9.2 Névralgies cervico-brachiales (NCB)

9.2.1 Physiopathologie

Les NCB résultent de **processus pathologiques rachidiens cervicaux** (uncarthrose, arthrose interapophysaire postérieure…) responsables à la fois d'une **douleur cervicale** et d'une **radiculalgie** C5, C6, C7 ou C8 (cette dernière atteinte étant parfois associée à celle de T1).

Comme pour les lomboradiculalgies, on distingue les **NCB communes** (arthrosique ou discale) et les **NCB symptomatiques** (infectieuses, tumorales, inflammatoires).

9.2.2 Imagerie

Elle n'est pas systématique initialement. Le traitement symptomatique doit être entrepris avant toute imagerie.

Modalités

Radiographie conventionnelle

L'examen est réalisé en particulier pour l'analyse des foramens de conjugaison ; il comprend les incidences du rachis cervical de face, de profil et de trois quarts. Il n'est pas nécessaire en cas de NCB commune typique.

TDM du rachis cervical

Elle est réalisée **en deuxième intention**, en cas d'échec du traitement médical et/ou de suspicion de NCB symptomatique. L'IRM doit lui être préférée.

IRM du rachis cervical

Elle est réalisée **en deuxième intention**, en cas d'échec de traitement médical et/ou de suspicion de NCB symptomatique, préférentiellement à la TDM.

Myélographie

L'examen **n'est plus réalisé**, il est remplacé par l'IRM (examen performant et non invasif).

Signes positifs

Réduction du calibre du foramen de conjugaison, responsable d'un **conflit radiculaire**. Dans tous les cas, il faut étudier la concordance des signes radiologiques avec l'étage atteint cliniquement.

IMPORTANT
Anatomie des racines cervicales

Il existe huit paires de racines cervicales. La racine C1 sort au-dessus de la vertèbre C1 (atlas), la racine C2 sort dans le foramen C1-C2, etc. La racine C8 sort dans le foramen C7-T1, ce qui explique qu'à l'étage thoracique et lombaire, une racine nerveuse sorte dans le foramen inférieur de la vertèbre dont elle porte le numéro (la racine T1 sort par exemple dans le foramen T1-T2).

Signes étiologiques

NCB communes

Étiologies	Signes d'imagerie
Arthrose cervicale	‣ Uncarthrose : ostéophytes dans les foramens de conjugaison ‣ Arthrose interapophysaire postérieure : pincement articulaire, condensation sous-chondrale, ostéophytose ‣ Discarthrose : pincement discal, ostéophytose antérieure
Hernie discale	Débord discal médian, paramédian ou foraminal

NCB symptomatiques

Étiologies	Signes d'imagerie
Tumeurs vertébrales malignes (métastases, myélome), rarement bénignes (ostéome ostéoïde)	Processus tumoral, infectieux ou inflammatoire venant au contact d'une ou de plusieurs racines nerveuses (signes positifs décrits dans les parties dédiées)
Tumeurs intradurales : neurinome, méningiome	
Infections : spondylodiscite	
Syndrome de Pancoast-Tobias	Masse tumorale de l'apex pulmonaire avec lyse des premières côtes homolatérales
Syndrome du défilé thoraco-brachial	Présence d'une côte cervicale et hypertrophie des muscles scalènes
Pathologies post-traumatiques	Fracture du corps vertébral ou de l'arc postérieur, luxations

Chapitre 21
Pathologie traumatique

Item n° 329. Prise en charge immédiate pré-hospitalière et à l'arrivée à l'hôpital, évaluation des complications chez un brûlé, un polytraumatisé, un traumatisé abdominal, un traumatisé des membres, un traumatisé du rachis, un traumatisé thoracique, un traumatisé oculaire, un patient ayant une plaie des parties molles
Item n° 357. Lésions péri-articulaires et ligamentaires du genou, de la cheville et de l'épaule
Item n° 359. Fractures fréquentes de l'adulte et du sujet âgé

1 Généralités

Les lésions traumatiques de l'appareil locomoteur sont osseuses, musculaires, tendineuses ou capsulo-ligamentaires.
Le rôle de l'imagerie est central, dans la plupart des cas, pour le **diagnostic**, la **planification thérapeutique** et la **surveillance**.
La radiographie conventionnelle reste l'**examen de première intention**, suffisante dans les cas simples. Dans les autres cas (doute diagnostique, fracture complexe et/ou articulaire…), un complément par **TDM** peut être nécessaire. L'**IRM**, elle, est rarement possible en urgence mais capitale pour l'exploration des lésions tendineuses et ligamentaires.
Voici les lésions les plus fréquemment retrouvées.

1.1 Fracture

Elle se traduit par une **interruption de la corticale osseuse** appelée « **solution de continuité** ». Pour les fractures des os longs, il est nécessaire de définir les caractéristiques suivantes.

1.1.1 Site de la fracture

- **Épiphysaire** (proximal, distal).
- **Métaphysaire** (proximal, distal).
- **Diaphysaire**. Dans ce cas, on sépare la diaphyse en trois tiers de dimensions égales : tiers proximal (le plus proche du squelette axial) ; tiers moyen ; tiers distal.

1.1.2 Orientation du trait de fracture *(voir figure 264 page suivante)*

- **Transversal** (perpendiculaire au grand axe de l'os) (a.).
- **Oblique** (angulation inférieure à 90° par rapport au grand axe de l'os) (b.).
- **Spiroïde** : trait de fracture spiralé (c.).
- **Bifocal** : deux traits de fracture distincts (d.).
- En **aile de papillon** : détachant un troisième fragment intermédiaire de forme triangulaire (e.).
- Fracture **comminutive** : traits multiples détachant de nombreux fragments (f.).

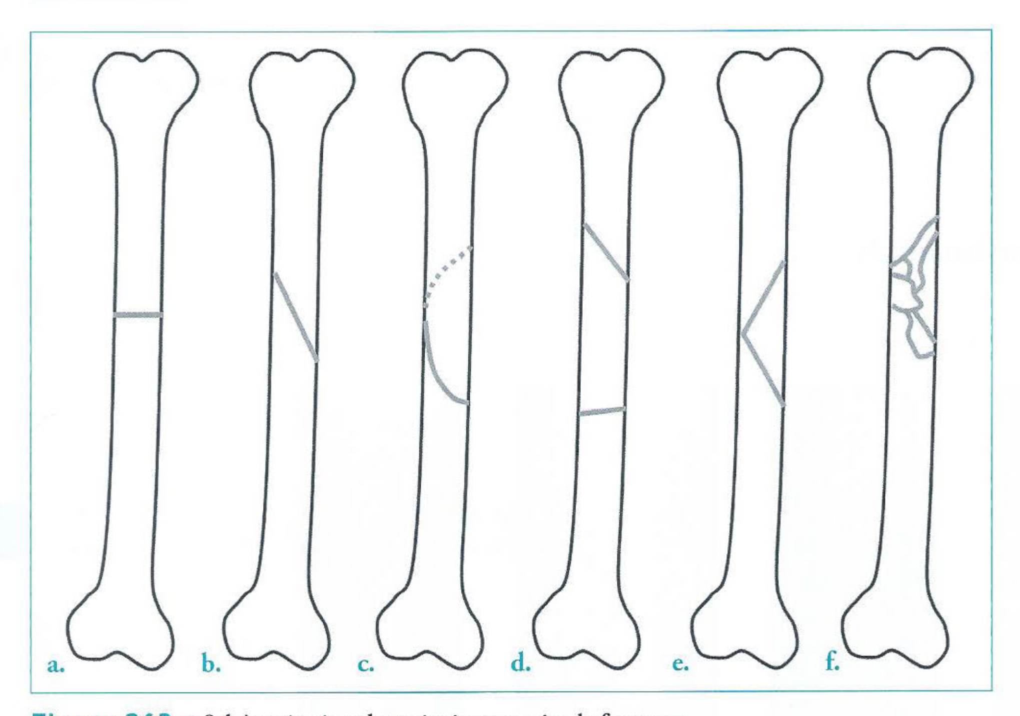


Figure 263 - Schématisation des principaux traits de fractures

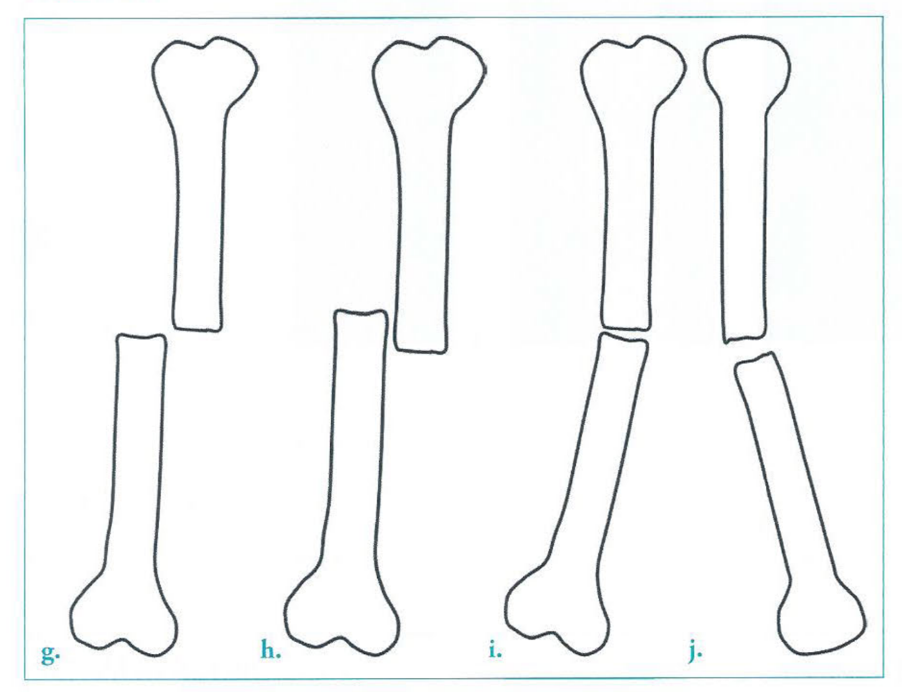


Figure 264 - Schématisation des déplacements fracturaires

1.1.3 Déplacement *(voir figure 264, ci-dessus)*

Il est défini **par la position du fragment distal** par rapport au fragment proximal :

- aucun : fracture non déplacée ;
- **impaction** : encastrement des deux fragments ;
- **translation** : déplacement sans angulation, latéral, médial, antérieur, ou postérieur du fragment distal (**g.**) ;
- **racourcissement** : chevauchement des fragments (**h.**) ;

- **angulation** : dans le plan frontal (en valgus/varus), dans le plan sagittal (en flessum/recurvatum). Le schéma **i.** représente un déplacement en varus (vu de face), le schéma **j.** un déplacement en flessum (vu de profil) ;
- **rotation**.

1.1.4 Autres particularités

- Association à un trait de fracture **intra-articulaire** (appelé trait de refend).
- Association à une **luxation**.

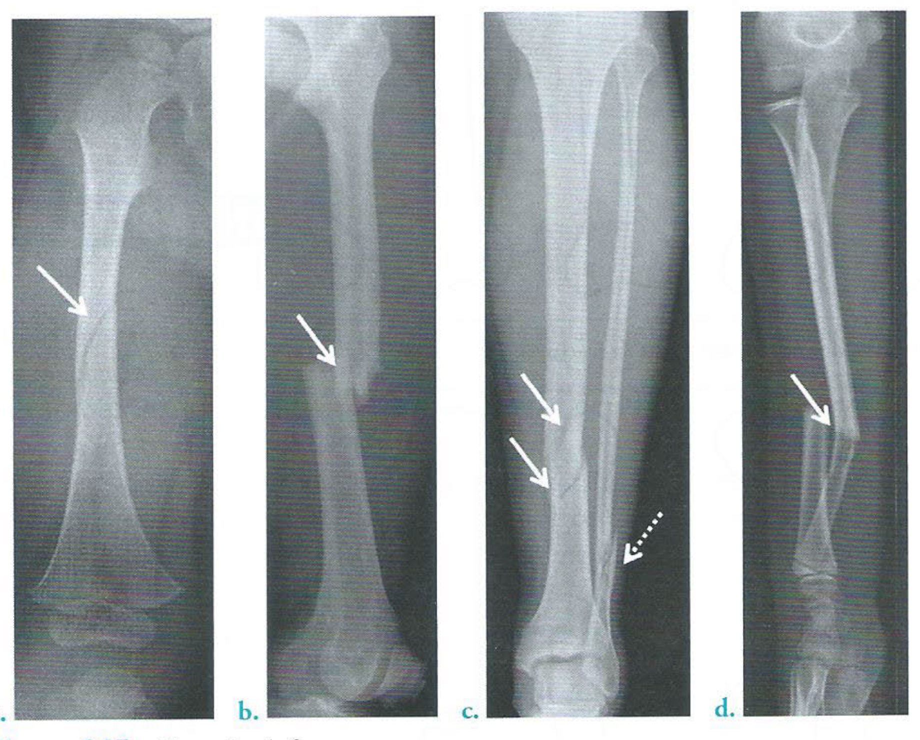


Figure 265 - Exemples de fractures
a. radiographie du fémur droit de face (chez un enfant). Trait de fracture oblique (flèche) du tiers moyen de la diaphyse, sans déplacement ; **b.** radiographie du fémur gauche de face. Trait de fracture transversal (flèche) du tiers moyen de la diaphyse avec déplacement en raccourcissement ; **c.** radiographie de la jambe gauche de face. Trait de fracture spiroïde à l'union tiers moyen-tiers inférieur de la diaphyse tibiale (flèches pleines) et trait de fracture en aile de papillon du tiers inférieur de la diaphyse fibulaire (flèche pointillée), sans déplacement ; **d.** radiographie de l'avant-bras droit de profil chez un enfant. Traits de fractures transversaux à l'union tiers moyens-tiers inférieurs des diaphyses radiale et ulnaire, avec déplacement en angulation de type flessum (flèche).

IMPORTANT
Complications secondaires et tardives des fractures

L'imagerie peut révéler :
- des complications secondaires : déplacement des fragments, cal vicieux hypertrophique, retard de consolidation ou pseudoarthrose (persistance du foyer fracturaire après une durée variable selon l'os concerné) ;
- une complication tardive : arthrose secondaire.

1.2 Luxation

Elle correspond à la **perte complète de contact entre deux surfaces articulaires**. Une **subluxation** désigne une **perte incomplète** de ces rapports. Comme pour les fractures, c'est la **position de la surface articulaire distale** par rapport à la surface articulaire proximale qui définit le déplacement.

1.3 Entorse

C'est une **atteinte de l'appareil capsulo-ligamentaire** sans lésion osseuse. Elle peut aller de la simple distension à la rupture ligamentaire.

2 Fractures du bassin

2.1 Physiopathologie

Elles surviennent dans plusieurs situations cliniques différentes :
- **traumatisme de faible énergie**, intéressant surtout les personnes âgées : chute de leur hauteur ;
- **traumatisme violent**, intéressant souvent des sujets plus jeunes : typiquement accident de la voie publique, souvent associé à des lésions viscérales ;
- **fractures de fatigue**, atraumatiques, survenant secondairement à une contrainte mécanique excessive, ou sur une insuffisance osseuse.

2.2 Imagerie

2.2.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention** : cliché du bassin de face.

TDM du bassin

Réalisée pour préciser des **fractures complexes** (acétabulum) ou en cas de **doute diagnostique** en radiographie standard.

IRM du bassin

Examen **de deuxième intention**. Elle est parfois réalisée pour détecter un œdème osseux, évoquant une fracture de fatigue.

2.2.2 Signes positifs

Interruption de l'anneau osseux principal

Il peut s'agir d'une fracture osseuse ou d'une dysjonction ligmamentaire (diastasis sacro-iliaque ou de la symphyse pubienne).

Interruption des foramens obturés

Fractures des branches supérieure et inférieure du pubis, de la branche de l'ischium.

Fracture de l'acétabulum

Elle peut être communitive (apport important de la TDM dans ce cas).

Fracture du sacrum

Souvent difficile à analyser sur le cliché standard, il faut chercher une asymétrie des foramens sacrés.

IMPORTANT
Fractures multiples du bassin

En cas de détection d'une fracture ou d'une dysjonction en un point, il faut toujours rechercher un deuxième site de fracture (fréquent).

Figure 266 - Fractures du bassin

a. radiographie de hanche de face. Fracture de la branche inférieure gauche du pubis (flèche noire pointillée), de l'acétabulum gauche (flèche blanche), et deux traits de fracture de l'ilium gauche (flèches noires) ; **b.** radiographie de hanche de face (autre patient). Fractures des branches supérieure (flèche noire) et inférieure gauche (flèche blanche) du pubis ; **c.** radiographie du bassin de face. Absence de trait de fracture décelable ; **d.** IRM du bassin, séquence T2 Stir (même patient que c) : trait de fracture en hyposignal cerné d'un œdème osseux en hypersignal (flèche). Cette fracture du sacrum n'était pas visible sur la radiographie standard.

3 Traumatismes de la hanche

3.1 Physiopathologie

Comme pour le bassin, plusieurs tableaux cliniques coexistent :
- dans la grande majorité des cas, il s'agit d'un **traumatisme de faible énergie** chez des sujets âgés, ostéoporotiques (chute de leur hauteur) ;
- plus rarement, il s'agira d'un **traumatisme violent** chez des sujets plus jeunes ;
- enfin, plus rarement, il existe des fractures sur **os pathologique** (os tumoral) et des **fractures de fatigue**.

3.2 Imagerie

3.2.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**. On réalise les incidences suivantes :
- bassin de face ;
- hanche de profil (profil chirurgical d'Arcelin).

TDM de hanche

Réalisée **en deuxième intention**, en cas de doute diagnostique sur les clichés radiographiques ou de fracture complexe.

IRM de hanche

Parfois réalisée pour détecter des fractures de fatigue **en deuxième intention**.

3.2.2 Signes positifs

Fracture du col fémoral

Elle apparaît sous la forme habituelle d'un **décroché cortical**, ou d'une **bande de sclérose** (condensation) et/ou d'une **interruption de la trabéculation osseuse** cervicale. En IRM, le trait de fracture apparaît en hyposignal T1 et T2, et l'œdème médullaire adjacent en hypersignal T2. Les fractures du col fémoral se classent en quatre groupes (intérêt pronostique et thérapeutique) selon la **classification de Garden**, sur une radiographie de hanche de face.

Creusons le sujet
Intérêt pronostique et thérapeutique de la classification de Garden

Le risque d'ostéonécrose aseptique de la tête fémorale augmente du type I au type IV (la vascularisation de la tête étant de plus en plus compromise).

Classification de Garden des fractures du col fémoral

Type	Description	Fréquence
Garden I	Engrènement de la tête fémorale Coxa valga : ouverture de l'angle cervico-diaphysaire Verticalisation des travées osseuses	15-20 %
Garden II	Engrènement de la tête fémorale Pas de modification de l'angle cervico-diaphysaire Pas de modification de l'orientation des travées osseuses	5-15 %
Garden III	Pas d'engrènement de la tête fémorale Coxa vara : fermeture de l'angle cervico-diaphysaire Horizontalisation des travées osseuses Conservation d'un pont capsulo-synovial postérieur	45-50 %
Garden IV	Pas d'engrènement de la tête fémorale Coxa vara : fermeture de l'angle cervico-diaphysaire Pas de modification de l'orientation des travées osseuses Perte de tout contact capsulo-synovial	30 %

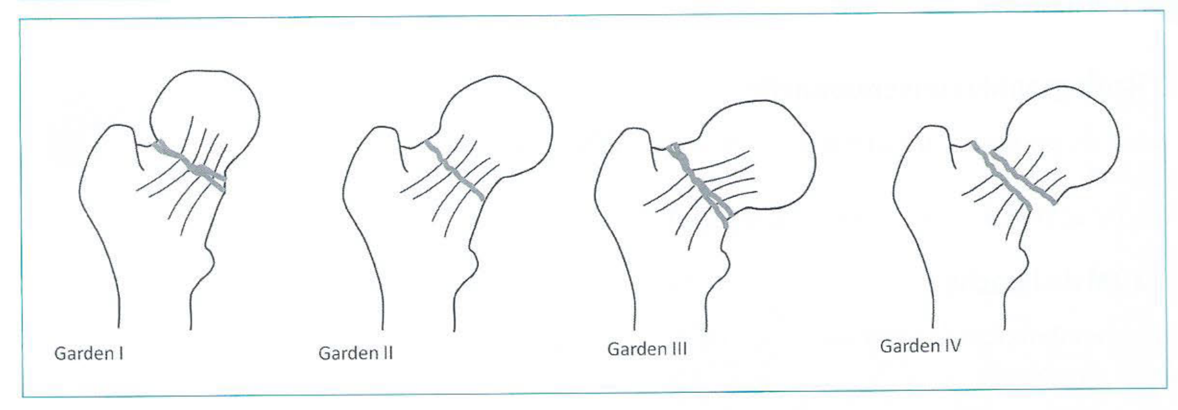


Figure 267 - **Classification de Garden**

Fractures trochantériennes

Elles sont définies selon la classification de Ender sur la position du trait de fracture par rapport au massif trochantérien.

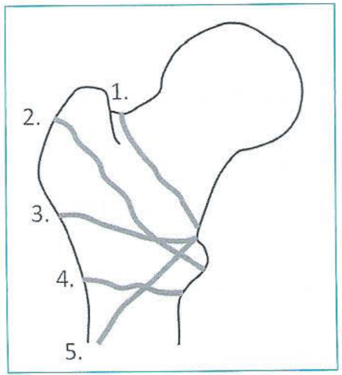


Figure 268 - **Classification de Ender des fractures trochantériennes**
1. fracture basi-cervicale ; 2. fracture pertrochantérienne ; 3. fracture intertrochantérienne ; 4. fracture sous-trochantérienne ; 5. fracture trochantérodiaphysaire.

Luxation de la hanche

Perte du rapport anatomique habituel entre la tête fémorale et l'acétabulum. Elle est **postérieure** dans 80 % des cas.

a.

b.

c.

d.

e.

f.

Figure 269 - Lésions traumatiques de la hanche
a. radiographie de hanche gauche de face. Ouverture de l'angle cervico-diaphysaire en coxa valga, horizontalisation des travées osseuses. Fracture du col fémoral gauche Garden I ; **b.** radiographie de hanche droite de face. Liseré dense du col fémoral (flèche) sans modification de l'angle cervicodiaphysaire. Fracture du col fémoral droit Garden II ; **c.** radiographie de hanche droite de face. Fermeture de l'angle cervicodiaphysaire en coxa vara avec conservation d'un contact cervicodiaphysaire. Fracture du col fémoral droit Garden III ; **d.** radiographie de hanche droite de face. Déplacement de la tête fémorale en coxa vara, perte complète du contact cervicodiaphysaire. Fracture du col fémoral droit Garden IV ; **e.** radiographie du bassin de face. Liseré clair pertrochantérien droit. Fracture pertrochantérienne de la hanche droite (flèche) ; **f.** radiographie du bassin de face. La tête fémorale droite a complètement perdu ses rapports anatomiques avec l'acétabulum. Luxation de la hanche droite.

4 Traumatismes du genou

La plupart des traumatismes du genou sont **ligamentaires**, **méniscaux** et **cartilagineux**. Les fractures sont plus rares.

4.1 Lésions ligamentaires

4.1.1 Physiopathologie

Les lésions ligamentaires du genou surviennent lorsque les mouvements imposés à l'articulation **dépassent les capacités d'élasticité du système capsulo-ligamentaire** qui la stabilise. Elles sont de gravité très variable, de l'entorse bénigne du ligament collatéral jusqu'à la luxation fémoro-tibiale ou fémoro-patellaire (rare).
Le système capsulo-ligamentaire du genou est constitué d'un **pivot central**, d'un **plan capsulo-ligamentaire médial** et d'un **plan capsuloligamentaire latéral**.

Pivot central

Il formé par les deux ligaments croisés situés dans la fosse intercondylienne :
- le **ligament croisé antérieur** (LCA), qui relie la surface tibiale préspinale à la face médiale du condyle fémoral latéral. Il limite le tiroir antérieur et la rotation médiale du genou ;
- le **ligament croisé postérieur** (LCP), qui va de la surface tibiale rétrospinale vers la face médiale du condyle fémoral médial. Ce ligament empêche le tiroir postérieur du genou.

Plan capsulo-ligamentaire médial

Il est formé par :
- le **ligament collatéral médial** (LCM) s'opposant au bâillement médial lors des mouvements de valgus du genou ;
- le **point d'angle postéromédial** : constitué de la corne postérieure du ménisque médial et d'un renforcement capsulaire des fibres du muscle demi-tendineux. Il empêche la rotation latérale du tibia par rapport au fémur.

Plan capsuloligamentaire latéral

Il est formé par :
- le **ligament collatéral latéral** (LCL) s'opposant au bâillement latéral lors des mouvements de varus du genou ;
- le **point d'angle postérolatéral** : constitué de la corne postérieure du ménisque latéral et d'un renforcement capsulaire des tendons des muscles biceps fémoral et poplité. Il empêche la rotation médiale du tibia par rapport au fémur.

Mécanismes physiopathologiques responsables des lésions ligamentaires du genou

Lésion du ligament collatéral médial	Traumatisme en valgus, genou en flexion (30°)
Lésion du ligament collatéral latéral	Traumatisme en varus, genou en flexion (30°)

LCA	Lésions isolées	Rotation médiale pied fixé au sol Hyperextension active non appuyée
	Lésions complexes	Torsion en valgus, flexion et rotation latérale (atteinte successive du plan capsulo-ligamentaire médial, du ménisque médial puis du LCA) Torsion en varus, flexion et rotation médiale (atteinte successive du LCA, du plan capsulo-ligamentaire latéral puis du ménisque latéral)
LCP	Lésions isolées	Choc direct antéropostérieur sur genou fléchi à 90°
	Lésions complexes	Hyperextension passive appuyée : lésion du LCP, des coques condyliennes (renforts postérieurs de la capsule articulaire), ± des points d'angle postérieurs

Les **luxations** surviennent elles le plus souvent en cas de traumatisme en varus ou valgus sur un genou en extension.

4.1.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Réalisée **en première intention**, elle peut apporter des signes indirects de lésions ligamentaires et recherche des lésions osseuses associées. On réalise les incidences suivantes :
- genou de face ;
- genou de profil.

IRM du genou

C'est l'**examen de référence**, car elle présente une grande sensibilité pour le diagnostic de lésion ligamentaire (confirme et précise les constatations cliniques) et fait le bilan des lésions associées. On réalise des séquences dans les trois plans, souvent avec des pondérations T1 et densité de protons. Elle n'est pas réalisée en urgence.

Angio-TDM des membres inférieurs

Indiquée dans les cas de **luxation** (en remplacement de l'artériographie) afin de détecter une occlusion poplitée post-traumatique.

Signes positifs

Lésions des ligaments collatéraux médial et latéral

- **Radiographie conventionnelle** :
  - avulsion de l'insertion fibulaire du LCL du genou : **arrachement de la styloïde fibulaire** ;
  - avulsion de l'insertion fémorale du LCM du genou : **arrachement osseux du bord condyle fémoral médial**.
- **IRM** :
  - **épaississement** et **hypersignal T2** du LCL/LCM, voire discontinuité (rupture) ;
  - œdème des parties molles adjacentes.

Rupture des ligaments croisés antérieur et postérieur

- **Radiographie conventionnelle** :
  - avulsion de l'insertion tibiale du LCA : **arrachement du tubercule intercondylien** (épine tibiale) **médial** ;
  - avulsion de l'insertion tibiale du LCP : **arrachement rétrospinal** ;
  - fracture avulsion du bord latéral du condyle tibial latéral (fracture de Segond) : statistiquement associé à une **rupture du LCA** et à des **lésions méniscales**.

- IRM :
  - **horizontalisation**, aspect **détendu** ou **non-visibilité** du ligament croisé ;
  - visualisation de la **zone de rupture** ;
  - **hypersignal T2** du LCA/LCP.

Signes associés

Épanchement intra-articulaire

Opacité liquidienne ovalaire en arrière du tendon quadricipital (radiographie de profil), hypersignal T2 des récessus sous-quadricipitaux (IRM).

Lésions osseuses

Fractures, contusions osseuses (œdème médullaire osseux en hypersignal T2 de l'os adjacent en IRM) ;

Lésions méniscales (voir plus bas)

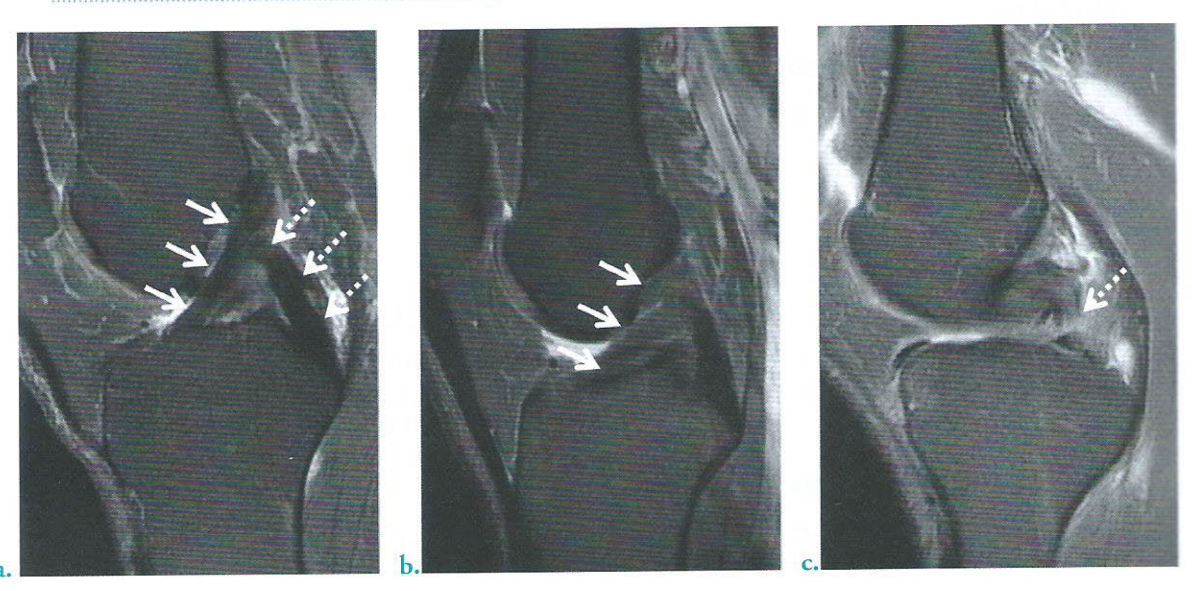


Figure 270 - Rupture des ligaments croisés du genou
IRM du genou en coupe sagittale, séquences en densité de proton : **a.** aspect normal du ligament croisé antérieur (flèches pleines) et du LCP (flèches pointillées) ; **b.** LCA non visible (flèche) : rupture ; **c.** discontinuité du LCP avec visualisation directe de la rupture (flèche). Association à un hypersignal des culs-de-sac sous-quadricipitaux témoignant d'un épanchement.

4.2 Lésions méniscales

C'est une pathologie **très fréquente** en traumatologie sportive.

4.2.1 Physiopathologie

Les ménisques sont des **fibrocartilages**, possédant chacun une forme différente. Vu de dessus, le **ménisque médial** a une forme de « **C** », tandis que le **ménisque latéral** a une forme plus « fermée » tendant vers le « **O** ».
En section, leur forme est **triangulaire à base périphérique**. On sépare souvent corne antérieure, corne postérieure et segment moyen. Le ménisque médial possède une corne postérieure plus épaisse que sa corne antérieure, tandis que les cornes antérieure et postérieure du ménisque latéral sont d'épaisseur équivalente.

Leur vascularisation se fait **uniquement par le tiers périphérique**, appelé aussi « zone rouge ». Seules les lésions intéressant cette zone rouge peuvent potentiellement cicatriser.

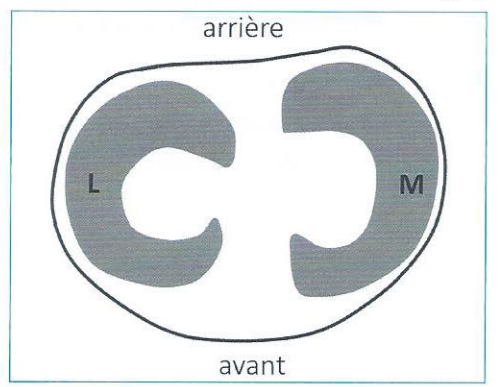


Figure 271 - **Schématisation des ménisques**
M = ménisque médial ; L = ménisque latéral.

IMPORTANT
Ménisque discoïde

C'est une variante anatomique atteignant préférentiellement le ménisque latéral, mais qui est parfois bilatérale. Le ménisque prend la forme d'un disque complet ou quasi complet. Ce ménisque peut être à l'origine de douleurs (le plus souvent secondairement à l'apparition d'une fente méniscale).

Les rôles des ménisques sont multiples : ils **renforcent la congruence articulaire**, **stabilisent le genou**, **protègent les cartilages** fémoraux et tibiaux, **absorbent les contraintes** pesant sur l'articulation.
Pour remplir ces rôles, les ménisques sont **mobiles** sur les condyles (plateaux) tibiaux, en fonction des mouvements des condyles fémoraux.
Les lésions méniscales sont la conséquence d'**un cisaillement par le condyle fémoral** lors de mouvements de rotation du tibia (pied fixé au sol) ou en cas d'hyperflexion prolongée suivie d'une hyperextension. Les lésions de la **corne postérieure du ménisque médial** sont les plus fréquentes.
Ils existent par ailleurs des lésions dégénératives des ménisques (méniscose). La part traumatique et dégénérative est parfois difficile à faire, en particulier pour le ménisque latéral.

4.2.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention** devant des douleurs du genou post-traumatique. Il n'a pas d'intérêt cependant pour le diagnostic positif. On recherche des lésions associées, en réalisant les incidences suivantes :
- radiographie du genou de face ;
- radiographie du genou de profil ;
- incidence fémoro-patellaire à 30° de flexion.

IRM et arthro-IRM de genou

L'IRM est **l'examen de référence**, qui présente une excellente sensibilité pour les lésions méniscales. L'IRM fait également le bilan des lésions associées. Elle est cependant rarement pratiquée en urgence. L'arthro-IRM est un examen de deuxième intention utile en cas de ménisque opéré ou de lésion chondrale.

Arthro-TDM de genou

Elle constitue une **alternative à l'IRM**. Elle est cependant plus invasive (nécessité d'une injection intra-articulaire de produit de contraste).

Signes positifs

On constate un **hypersignal intraméniscal**, classé selon trois stades (IRM).

Stade	Description	Commentaire
I	Hypersignal nodulaire au centre du ménisque sans communication avec l'articulation	Correspondent à une dégénérescence mucoïde intraméniscale et non à une lésion traumatique
II	Hypersignal linéaire au centre du ménisque sans communication avec l'articulation	
III	Hypersignal linéaire communicant avec l'articulation	Lésion méniscale traumatique vraie susceptible d'être traitée

IMPORTANT

Luxation en anse de seau

C'est une fente méniscale étendue. La bandelette médiale séparée du ménisque restant par la fente est susceptible de se luxer dans l'échancrure intercondylienne, à l'origine de blocages aigus du genou.

Sur l'IRM en coupe coronale, la section du ménisque perd sa forme triangulaire, la bandelette luxée correspondant au sommet du triangle méniscal est visible en regard de la fosse intercondylienne.

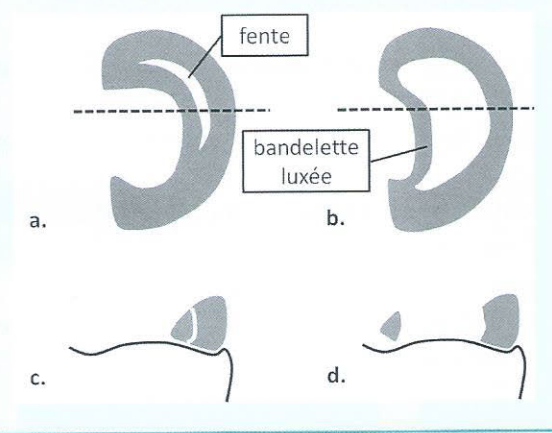


Figure 272 - Schématisation de la luxation en anse de seau

a. ménisque en vue axiale, avec une fente ; b. ménisque en vue axiale, bandelette méniscale luxée dans l'échancrure intercondylienne ; c. ménisque en coupe coronale (en regard de la ligne pointillée sur l'image axiale a), la fente est représentée par le trait blanc ; d. ménisque en coupe coronale (en regard de la ligne pointillée sur l'image axiale b), le sommet du triangle méniscal est luxé en regard de la fosse intercondylienne.

Figure 273 - Lésion méniscale du genou

IRM du genou gauche en séquence densité de protons, révélant une lésion du ménisque médial : a. coupe coronale. Hypersignal linéaire étendu jusqu'à l'articulation (type III) du ménisque médial (flèche) ; b. coupe sagittale (même patient que a.). Hypersignal linéaire étendu jusqu'à l'articulation (type III) de la corne postérieure du ménisque médial (flèche). Hypersignal en arrière de la patella (« E »), correspondant à un épanchement des récessus sous-quadricipitaux. Hypersignal du condyle fémoral et du condyle tibial adjacent témoignant d'une contusion osseuse associée.

Signes associés

Lésions ligamentaires

Pivot central et ligaments collatéraux du genou (voir plus haut).

Lésions osseuses

Fractures, contusions osseuses (hypersignal T2 de l'os adjacent traduisant l'œdème médullaire osseux).

Épanchement intra-articulaire

Opacité liquidienne ovalaire en arrière du tendon quadricipital (radiographie de profil), hypersignal T2 des récessus sous-quadricipitaux (IRM).

4.3 Fractures

4.3.1 Physiopathologie

Fractures des condyles (plateaux) tibiaux

Elles sont secondaires à un mécanisme de compression :
- **axiale** : chute sur genou en extension ;
- **latérale** : traumatisme direct sur genou fléchi, pied bloqué au sol ;
- ou **mixte**.

Elles intéressent le condyle tibial latéral dans 80 % des cas.

Fractures de la patella

Elles résultent d'un **choc direct** (syndrome du tableau de bord), plus rarement d'une **contraction** brutale **du quadriceps**. La fracture peut être horizontale, verticale ou comminutive. La patella peut également être l'objet d'une **luxation latérale**.

Fractures du col de la fibula

Elles sont parfois isolées, mais aussi souvent **associées à des lésions ligamentaires du genou**. Il peut également s'agir d'un équivalent de fracture bimalléolaire sus-ligamentaire (associé à une fracture de la malléole tibiale, *voir « Traumatismes de la cheville et de l'arrière-pied », page 415*).

4.3.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**, selon les incidences suivantes :
- genou de face ;
- genou de profil ;
- complétée par des incidences de trois quarts droit et gauche pour dégager la partie postérieure des condyles tibiaux si besoin ;
- incidence fémoro-patellaire en cas de suspicion de fracture patellaire non visible sur les clichés de face et de profil.

TDM du genou

Examen **de deuxième intention**, en cas de fracture complexe et/ou à visée préthérapeutique.

IRM du genou

Essentiellement indiquée pour la **recherche de lésions ligamentaires et méniscales** associées.

Signes positifs

Condyles tibiaux

- **Solution de continuité** isolant un condyle tibial.
- **Déplacement latéral** du condyle tibial (fracture séparation) ou **liséré de condensation** du condyle tibial (fracture impaction).
- On distingue les fractures **unitubérositaires** (détachant un condyle tibial du reste de l'os), **spinotubérositaires** (séparant un condyle tibial et le massif des tubercules intercondylaires du reste de l'os) et **bitubérositaires**.

Patella

- Habituellement, **solution de continuité** facile à détecter.
- En cas de suspicion de fracture non visible sur les clichés de genou de face et de profil, le cliché fémoro-patelllaire peut révéler un **trait de fracture** en général vertical.
- **Fracture ostéochondrale** (après une luxation) : perte de substance ostéochondrale (mieux vue sur le cliché fémoro-patellaire).

Col de la fibula

Solution de continuité de l'extrémité supérieure de la fibula.

Signes associés

Épanchement intra-articulaire

Opacité liquidienne ovalaire en arrière du tendon quadricipital (radiographie de profil), hypersignal T2 des récessus sous-quadricipitaux (IRM).

a.

b.

c.

d.

Figure 274 - Fractures du genou
a. radiographie du genou gauche de face. Trait de fracture détachant le condyle fémoral latéral, sans déplacement. Fracture unitubérositaire du genou gauche ; b. radiographie du genou gauche de face. Fracture séparation du condyle fémoral latéral (flèche pointillée) et du condyle fémoral médial (flèche pleine), fracture du col de la fibula en « aile de papillon » (troisième fragment détaché, tête de flèche). Fracture bitubérositaire du genou gauche associée à une fracture du col de la fibula ; c. radiographie du genou droit de face. Trait de fracture vertical (flèche) de la patella ; d. radiographie du genou droit de profil (même patient que c). Trait de fracture horizontal de la patella (flèche). Fracture plurifragmentaire de la patella droite.

Lésions ligamentaires

Lésions du pivot central et des ligaments collatéraux (IRM).

Lésions méniscales

5 Traumatismes de la cheville et de l'arrière-pied

5.1 Physiopathologie

Les traumatismes de la cheville et de l'arrière-pied sont une situation fréquente en urgence. Ils surviennent au décours d'**accident de sport** ou **domestique.** Ils se décomposent en **lésions osseuses** et **ligamentaires**, et peuvent avoir des complications chroniques (instabilité, arthrose).

L'articulation de la cheville est comparée à un **couple « tenon-mortaise »**.
La pince bimalléolaire constitue la mortaise, le talus constitue le tenon.
Les **ligaments collatéraux médiaux et latéraux** (LCM et LCL) de la cheville solidarisent les malléoles avec le **talus** (LCL et LCM) et le **calcanéus** (LCL).
Les ligaments tibio-fibulaires inférieurs solidarisent les extrémités distales du tibia et de la fibula en formant une **syndesmose** (articulation fibreuse semi-mobile).
Si un trait de fracture est diagnostiqué sur le cliché de radiographie, il faut s'attacher à rechercher un deuxième trait de fracture ou un élargissement des interlignes traduisant une rupture ligamentaire.

L'arrière-pied est composé du **talus**, du **calcanéus** et de leurs **articulations** avec le naviculaire et le cuboïde.

Mécanismes lésionnels des traumatismes de la cheville et de l'arrière-pied

Mécanisme	Lésions possibles
Valgus forcé de l'arrière-pied	Fracture bimalléolaire sus-ligamentaire ou entorse du ligament collatéral médial + fracture de la malléole latérale
Rotation latérale forcée de l'avant-pied	Fracture bimalleolaire interligamentaire ou entorse du ligament collatéral latéral médial + fracture de la malléole latérale
Varus forcé de l'arrière-pied	Fracture bimalléolaire sous ligamentaire ou entorse du ligament collatéral latéral + fracture de la malléole médiale
Dorsiflexion forcée du pied, hyper-flexion plantaire forcée	Fracture du talus
Réception violente sur les talons	Fracture du calcanéus

En réalité, les mécanismes sont souvent associés (varus-rotation médiale, valgus-rotation latérale...).

5.2 Imagerie

5.2.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen de **première intention**, devant être systématiquement réalisé avant tout examen plus avancé (échographie, IRM...). Le bilan comprend au minimum :
- une incidence de face, avec rotation médiale de 20° ;
- une incidence de profil.

Ces incidences sont souvent couplées à des incidences complémentaires : cliché de face stricte, clichés de jambe (recherche d'une fracture de Maisonneuve devant une fracture de la malléole médiale), cliché de trois quarts du pied, incidence rétrotibiale axiale (calcanéus)...
Les radiographies sont toujours indiquées en cas de suspicion de fracture. Leur réalisation devant une entorse de cheville repose sur les **critères d'Ottawa**, qui ont fait leurs preuves sur une grande série de patients.

- Patient de moins de 18 ans ou de plus de 55 ans
- Impossibilité de se mettre en appui immédiat et/ou de faire quatre pas (deux fois deux pas pour chaque pied.
- Douleur à la palpation osseuse des bords postérieurs de la fibula ou du tibia sur une hauteur de 6 cm, ou à la palpation de la pointe d'une des deux malléoles.
- Douleur à la palpation du naviculaire ou de la base du cinquième métatarsien.
- Le but de ces critères est de sélectionner les patients à risque de fracture bimalléolaire ou d'autres fractures associées à une entorse de cheville (fracture de la base du cinquième métatarsien, du processus latéral du talus...).

Les clichés dynamiques comparatifs sont faits à distance du traumatisme, après avoir éliminé une fracture, pour rechercher une hyperlaxité. On réalise un cliché de la cheville de face avec 20° de rotation médiale en varus forcé, et un cliché de cheville de profil en tiroir antérieur forcé.

Échographie de cheville

Indiquée pour le **bilan des lésions tendineuses et ligamentaires** de la cheville et en cas d'évolution clinique défavorable. Ses performances dans l'exploration des entorses du LCL et du LCM sont bonnes. Elle peut être réalisée en phase aiguë en cas de suspicion de **rupture du tendon d'Achille**.

TDM de cheville

Permet le bilan des **fractures complexes**, en complément de la radiographie conventionnelle, à visée préthérapeutique en phase aiguë, ou le bilan de **lésions ostéochondrale**s et **caspulo-ligamentaires** couplée à une opacification intra-articulaire (arthro-TDM) à distance du traumatisme.

IRM de cheville

Pas d'indication en phase aiguë, mais peut être réalisée pour le bilan des **lésions tendineuses** et **ligamentaires** à distance. Elle peut être couplée à une opacification intra-articulaire (arthro-IRM) pour le bilan de **lésions ostéochondrales**.

Résumé des modalités de l'imagerie du traumatisme de la cheville et de l'arrière-pied

Situation	Modalité
En urgence, suspicion de fracture de cheville ou entorse de cheville avec critères d'Ottawa positifs	Radiographies de cheville ‣ de face avec rotation médiale de 20° ‣ de profil
En urgence, recherche de rupture du tendon d'Achille	Échographie
En urgence, fracture complexe sur les radiographies	TDM
À distance, recherche de laxité ligamentaire	Clichés dynamiques
À distance, bilan des lésions ostéochondrales (dôme astragalien) et capsulo-ligamentaires	Arthro-TDM, IRM, arthro-IRM

5.2.2 Signes positifs

Fractures des extrémités inférieures du tibia et de la fibula

Le trait de fracture n'est parfois visible que sur une seule incidence. On distingue les fractures bimalléolaires et les fractures du toit de la mortaise.

Fractures bimalléolaires

Classées en fonction de la **position du trait de fracture fibulaire** par rapport aux ligaments tibio-fibulaires inférieurs.

Description des fractures bimalléolaires

Type	Description
Sus-ligamentaire	Fracture de la malléole médiale (trait horizontal sous le plafond de la mortaise) ou rupture du ligament collatéral médial Fracture malléolaire latérale sus ligamentaire (trait horizontal) Rupture des ligaments tibio-fibulaires inférieurs : diastasis tibio-fibulaire inférieur
Interligamentaire	Fracture de la malléole médiale (trait horizontal sous le plafond de la mortaise) ou rupture du ligament collatéral médial Fracture interligamentaire de la malléole latérale (trait oblique ou spiroide) ± rupture des ligaments tibio-fibulaires inférieurs : diastasis tibio-fibulaire inférieur partiel
Sous-ligamentaire	Fracture de la malléole médiale (trait oblique en haut et en dedans) Fracture sous ligamentaire de la malléolaire latérale ou rupture du ligament collatéral latéral Pas de diastasis tibio-fibulaire inférieur

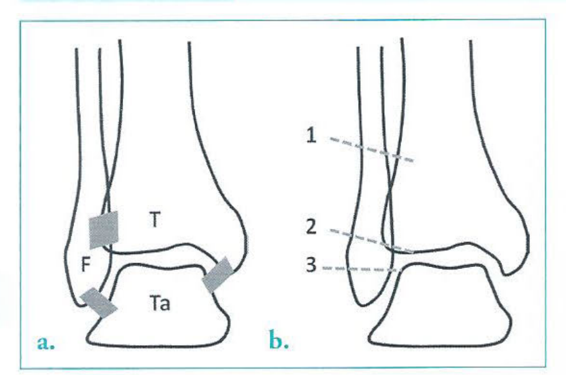


Figure 275 - Classification des fractures bimalléolaires
a. schéma de la cheville vue de face. F = fibula, T = tibia, Ta = talus. En gris, les ligaments tibio-fibulaires inférieurs (reliant fibula et tibia), collatéral médial (reliant talus et tibia) et collatéral latéral (reliant fibula et talus) ; **b.** classification des fractures bimalléolaires (seul le trait de fracture fibulaire est représenté) : 1 = fracture sus-ligamentaire, 2 = fracture interligamentaire, 3 = fracture sous-ligamentaire.

IMPORTANT
Équivalent de fracture bimalléolaire

Les associations lésionnelles suivantes sont assimilées aux fractures bimalléolaires :
- entorse du LCM + fracture malléole latérale ;
- entorse du LCL + fracture malléole médiale ;
- fracture du col de la fibula + fracture de la malléole médiale = fracture de Maisonneuve.

Fractures du toit de la mortaise

Elles sont bien vues sur le cliché de profil. Ce sont des fractures marginales du pilon tibial. Associées à une fracture bimalléolaire, elles sont appelés **fractures trimalléolaires**.

Fracture du talus et du calcanéus

Fracture du talus

On distingue les fractures **totales** (du corps, de l'isthme) et **parcellaire** (du dôme talien, du processus latéral du talus).

Fracture du calcanéus

On distingue les fractures **intra- et extra-articulaires**. Chercher la bilatéralité (en raison du mécanisme lésionnel).

Figure 276 - Fractures de cheville

a. radiographie de la cheville gauche de face. Avulsion osseuse de la pointe de la malléole latérale (insertion du LCL, flèche pointillée), trait de fracture oblique de la malléole médiale (flèche pleine). Fracture bimalléolaire sous-ligamentaire de la cheville ; **b.** radiographie de la cheville droite de face. Trait de fracture spiroïde interligamentaire de la malléole latérale (flèche pointillée), et trait de fracture de la malléole médiale situé en dessous du toit de la mortaise (flèche pleine). Le troisième trait de fracture (tête de flèche) est mieux précisé sur le cliché de profil. Diastasis tibio-fibulaire inférieur ; **c.** radiographie de la cheville droite de profil (même patient que b). Fracture marginale postérieure du pilon tibial (flèche) et disparition de l'interligne tibio-talien. Fracture trimalléolaire de la cheville avec luxation tibio-talienne postérieure ; **d.** radiographie de la cheville gauche de profil. Traits de fracture calcanéuns (flèches) ; **e.** radiographie du calcanéus gauche par l'incidence rétro calcanéenne (même patient que d). Plusieurs traits de fractures. Fracture comminutive du calcanéus.

IMPORTANT
Ossicules accessoires

Ils sont nombreux autour de l'articulation de la cheville, du médio-pied et de l'avant-pied. Ils peuvent prêter à confusion avec une fracture, cependant, à la différence d'un arrachement osseux, leurs contours sont bien limités et corticalisés.

Lésions ligamentaires

- Rupture des ligaments tibio-fibulaires inférieurs : **diastasis tibio-fibulaire inférieur** supérieur à 6 mm.
- Avulsion des insertions osseuses des ligaments collatéraux :
  - proximales : **arrachements osseux de la pointe des malléoles latérale** (LCL) et **médiale** (LCM) ;
  - distale : **fracture du sustentaculum tali (LCM)**.
- Sur les clichés dynamiques ; lésion du LCL :
  - **baillement tibio-talien** latéral supérieur à 10° sur le cliché de face en varus forcé ;
  - **translation talienne antérieure** supérieure à 8 mm sur le cliché de profil en tiroir antérieur.

Luxations

- Tibio-talienne (ou talo-crurale) : perte de l'interligne articulaire tibio-talien.
- Sous-talienne : perte de l'interligne articulaire talo-calcanéen (luxation médiale le plus souvent).

IMPORTANT

Lésions osseuses à rechercher sur les radiographies devant une suspicion d'entorse du LCL (mécanisme traumatique en varus)

- Avulsion de la pointe de la malléole latérale/fracture de la malléole latérale.
- Fracture de la base du cinquième métatarsien.
- Fracture ostéochondrale du dôme talien.

6 Traumatismes du médio- et de l'avant-pied

Les traumatismes du médio-pied et de l'avant-pied sont bien moins fréquents que les traumatismes de la cheville.

Ils incluent les **fractures du tarse antérieur** (formé du cuboïde, du naviculaire et des trois os cunéiformes), des **métatarsiens** et des **phalanges**, ainsi que les **luxations et subluxations des articulations de Chopart** (articulation médio-tarsienne, entre le tarse postérieur : calcanéus et talus, et le tarse antérieur) et **de Lisfranc** (articulation tarso-métatarsienne).

6.1 Physiopathologie

Les fractures des métatarsiens et des phalanges sont la conséquence de **traumatismes bénins**.

On distingue parmi elles :

- la fracture de la base du cinquième métatarsien, qui survient par le **même mécanisme que les entorses du ligament collatéral latéral** (pied en varus forcé) : c'est une lésion d'avulsion de l'insertion tendineuse distale du muscle court fibulaire ;
- les **fractures de fatigue** des métatarsiens (surtout deuxième et troisième métatarsiens).

Les luxations tarso-métatarsiennes et les fractures du tarse antérieur (rares) surviennent au contraire au cours de **traumatismes violents**.

6.2 Imagerie

6.2.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**. Les incidences à pratiquer sont les suivantes :
- pied de face ;
- pied de trois quarts.

TDM du pied

Examen **de deuxième intention**, pour les fractures complexes ou en cas de doute diagnostique.

6.2.2 Signes positifs

Lésions osseuses

Fracture

Solution de continuité corticale d'un os du tarse antérieur (le naviculaire étant le plus souvent atteint), d'un métatarsien ou d'une phalange.

Fracture de fatigue

Fissure transversale, puis **fine apposition périostée** de la diaphyse métatarsienne.

Luxations et subluxations

Luxation de l'articulation du Chopart (médio-tarsienne)

Perte de contact talo-naviculaire.

Luxation de l'articulation du Lisfranc (tarso-métatarsienne)

Diastasis entre les bases des premier et deuxième métatarsiens. Les signes sont parfois discrets et il faut chercher une **perte de l'alignement normal** entre le bord médial de la base du **deuxième métatarsien** et du bord médial du **cunéiforme intermédiaire** (radiographie de face), et une **perte de l'alignement** normal entre le bord médial de la base du **troisième métatarsien** et le bord médial du **cunéiforme latéral** (radiographie de trois quarts).

a.

b.

c.

Figure 277 - Fractures de l'avant-pied
a. radiographie du pied droit de face. Fracture de la base du cinquième métatarsien (flèche) ; **b.** radiographie du pied droit de face. Fracture diaphysaire avec refend articulaire distal de la première phalange du premier rayon (flèche) ; **c.** radiographie du pied gauche de face. Fracture d'un os sésamoïde (latéral) du premier rayon (flèche).

Luxations métatarso-phalangienne et interphalangienne

Elles sont facilement diagnostiquées sur la radiographie.

6.2.3 Signes associés

En cas de luxation tarso-métatarsienne, il faut chercher une **fracture métatarsienne** associée.

7 Traumatismes de l'épaule

7.1 Fractures de la clavicule

7.1.1 Physiopathologie

En général, il s'agit d'un **traumatisme indirect** (chute sur la main ou le moignon de l'épaule), plus rarement d'un **traumatisme direct** (contexte d'accident de la voie publique, coup de poing).
Le **fragment médial** est typiquement **ascensionné**, en raison de la traction du muscle sterno-cléido-mastoïdien, tandis que l'épaule s'abaisse.
Cette fracture est fréquente chez l'enfant et l'adulte jeune.

7.1.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**, pour le diagnostic positif et les complications. On réalise les incidences suivantes :

- épaule de face en rotation neutre ; et/ou
- défilé claviculaire (épaule de face avec rayon ascendant).

TDM de l'épaule

Parfois réalisée en cas de **fracture complexe** ou de **fracture ostéochondrale** du tiers latéral de la clavicule (mal visible à la radiographie).

Signes positifs

Solution de continuité corticale de la clavicule.
Préciser le **siège** du trait de fracture, le **nombre de fragments** et le **déplacement**. La fracture siège :

- dans 75 % des cas : au tiers moyen de la clavicule ;
- dans 20 % des cas : au tiers latéral ;
- rarement : au tiers médial.

Signes associés et complications

- **Fractures costales** et de la **scapula** (contexte d'accident de la voie publique).
- **Luxation sterno-claviculaire** ou **acromio-claviculaire**.

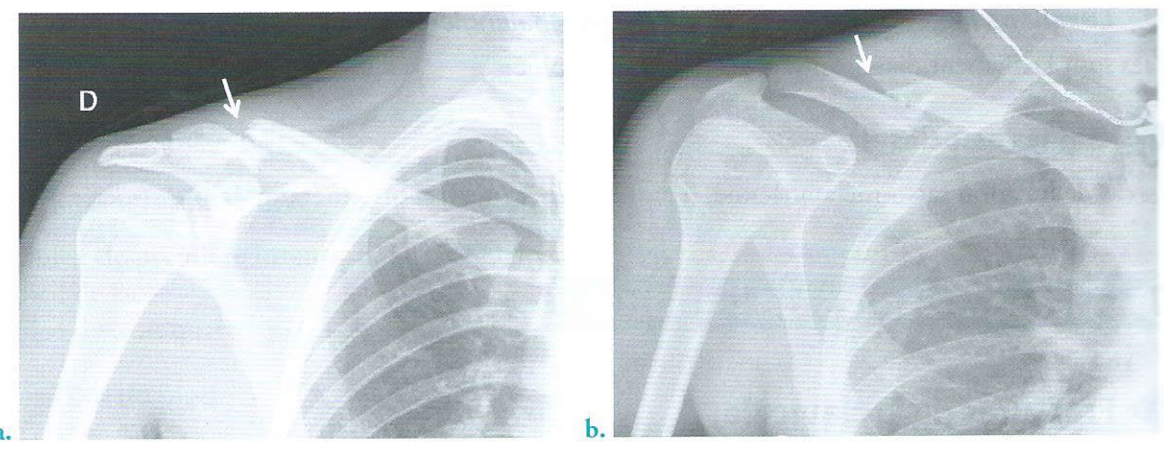


Figure 278 - Fracture de la clavicule
Radiographies de l'épaule droite de face, révélant des fractures plurifragmentaires de clavicule avec déplacement en raccourcissement (chevauchement des deux fragments) et ascension du fragment proximal : **a.** fracture du tiers latéral de la clavicule (flèche) ; **b.** fracture du tiers moyen de la clavicule (flèche).

7.2 Disjonctions acromio-claviculaires

7.2.1 Physiopathologie

L'articulation acromio-claviculaire est une articulation peu mobile, dont la stabilité est assurée par la **capsule** et les **ligaments acromio-claviculaires** mais également par les **ligaments conoïde et trapézoïde** (coraco-claviculaires) et par la **chape musculaire** trapézo-deltoïdienne.
La disjonction survient selon un **mécanisme direct** après une chute sur le moignon de l'épaule le plus souvent (accidents de sport), plus rarement après un **traumatisme indirect** par chute sur la main ou le coude, le membre supérieur en abduction.
La gravité est variable depuis l'entorse bénigne jusqu'à la rupture de la chape musculaire delto-trapézienne.

7.2.2 Imagerie

Modalités de la radiographie conventionnelle

Examen **de première intention.** On réalise les radiographies suivantes :
- incidence de face du cintre acromio-claviculaire explorant les deux articulations acromio-claviculaire (patient debout de face, rayon ascendant de 30°) ;
- en complément, un faux profil axillaire ;
- des clichés dynamiques peuvent être réalisés **en deuxième intention**. Leur but est de sensibiliser la détection de la disjonction (clichés de face en charge, le patient portant une charge de 5 kg, bras tendus le long du corps).

Signes positifs

Perte de l'alignement normal **des corticales inférieures** de l'acromion et de la clavicule.
Il existe trois stades de disjonction acromio-claviculaire.

Stade	Signes radiologiques
I : entorse acromio-claviculaire (distension ligamentaire sans rupture)	Pas de modification de l'interligne acromio-claviculaire
II : subluxation acromio-claviculaire (rupture des ligaments acromio-claviculaires, les ligaments coraco-claviculaires étant intacts)	Décalage vertical des surfaces articulaires acromio-claviculaires, inférieur à 50 % de la hauteur de l'interligne
III : luxation acromio-claviculaire (rupture des ligaments acromio-claviculaires et coraco-claviculaires)	Disparition complète de l'interligne acromio-claviculaire, ascension de l'extrémité distale de la clavicule

Signe associé

Rechercher une **fracture** de la clavicule.

Figure 279 -
Disjonction acromio-claviculaire au stade III radiographie de l'articulation acromio-claviculaire droite de face: disparition de l'interligne acromio-claviculaire et ascension de l'extrémité distale de la clavicule.

7.3 Fractures de la scapula

7.3.1 Physiopathologie

Fracture rare, dans le cadre de **traumatismes violents** par choc direct antéropostérieur (accidents de la voie publique). Les fractures sont souvent comminutives.

7.3.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**, souvent insuffisant. On réalise les incidences suivantes :
- épaule de face ;
- profil d'épaule de Lamy.

TDM de l'épaule

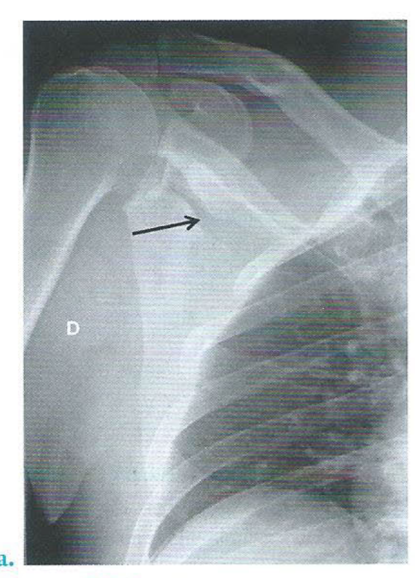
Doit être de **réalisation facile**, en cas de fracture complexe et/ou déplacée, de fracture articulaire, ou d'association lésionnelle.

Signes positifs

- **Solution de continuité corticale** de la scapula.
- Toujours chercher une **atteinte articulaire** (fracture de la glène).

Complications

- **Autres fractures** : clavicule, côtes (syndrome omo-cléido-thoracique).
- **Complications pulmonaires** (contexte de polytraumatisme : hémothorax, pneumothorax, contusions parenchymateuses…).



a.

b.

Figure 280 - **Fracture de la scapula**
a. radiographie de l'épaule droite de face. Trait de fracture transverse de l'écaille de la scapula (flèche) se poursuivant vers la glène ;
b. radiographie de profil de Lamy de l'épaule droite (même patient). Mêmes constatations (flèche).

7.4 Luxations gléno-humérales

L'articulation gléno-humérale est une articulation qui permet des **mouvements de grande amplitude** de l'épaule. Cette propriété lui confère une **vulnérabilité particulière** aux luxations.
La **luxation antéromédiale** est une pathologie fréquente du sujet jeune, la **luxation postérieure** est nettement plus rare (< 5 % des cas de luxation).
Lorsque le diagnostic de luxation est fait, il faut s'attacher à rechercher des **lésions osseuses** créées par le mouvement de luxation, sur la glène ou la tête humérale.

7.4.1 Physiopathologie

La physiopathologie de la luxation gléno-humérale est résumée dans le tableau suivant.

Type de luxation	Mécanismes
Antéromédiale	Chute sur le moignon de l'épaule Chute sur bras tendu (en abduction, rotation latérale et rétropulsion)
Postérieure	Contraction musculaire violente provoquée : ▸ par une crise convulsive ▸ par une électrocution (luxation fréquemment bilatérale)

7.4.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention.** Les incidences suivantes sont réalisées :
- épaule de face ;
- profil d'épaule de Lamy.

> **IMPORTANT**
> ***Clichés post-réduction***
> Les clichés postréduction d'une luxation d'épaule sont indispensables afin de vérifier l'efficacité de la manœuvre (comme pour toute réduction de fracture ou de luxation) et l'absence de fracture associée.

TDM d'épaule

Réalisée en **deuxième intention**, en cas de luxations associées à des fractures complexes.

Signes positifs et lésions associées

Les signes positifs et les lésions associées des luxations gléno-humérales sont résumés dans le tableau ci-dessous.

		Luxation antéromédiale	Luxation postérieure
Signes positifs	**Cliché de face**	Disparition de l'interligne gléno-huméral, tête humérale se projetant en dessous de la coracoïde	Tête humérale en rotation médiale (saillie du tubercule mineur, vu de profil, en dedans de la tête humérale), irréductible
	Cliché de profil	Déplacement antérieur de la tête humérale (projetée en avant de la jonction des 3 branches du « Y »)	Déplacement postérieur de la tête humérale (projetée en arrière de la jonction des 3 branches du « Y »)
Lésions associées		‣ Fracture de la glène (éculement du rebord antérieur), vue sur le cliché de profil ‣ Fracture de la partie postérolatérale de la tête humérale (encoche de Malgaigne ou de Hill Sachs) ‣ Fracture du tubercule majeur (rupture de tendon de la coiffe des rotateurs) ‣ Fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus	‣ Fracture du rebord postérieur de la glène (rare) ‣ Encoche antérieure (de McLaughlin) de la tête humérale

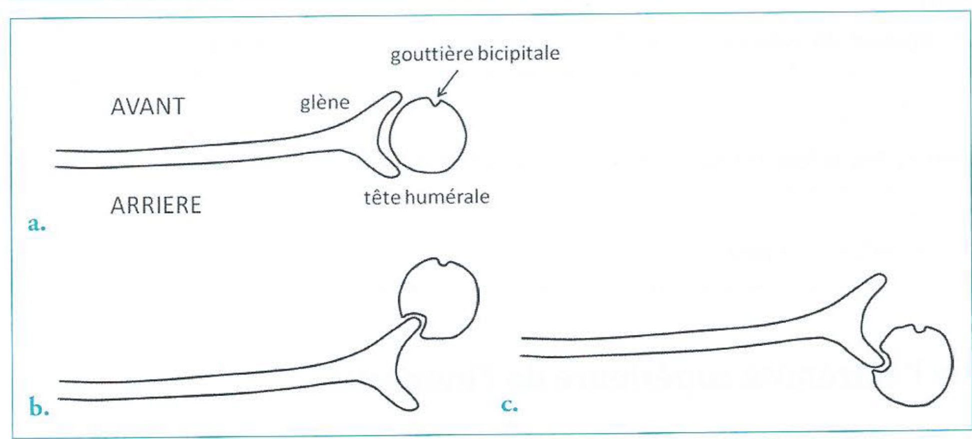


Figure 281 - Luxations et encoches de la tête humérale
Ce schéma explique la localisation des encoches de la tête humérale en fonction du type de luxation : **a.** anatomie normale de la tête humérale en place dans la glène ; **b.** apparition d'une encoche postérieure de tête humérale lors d'une luxation antéromédiale de l'épaule ; **c.** apparition d'une encoche antérieure de la tête humorale lors d'une luxation postérieure de l'épaule.

IMPORTANT

Hémarthrose de l'épaule

Une hémarthrose survenant après un traumatisme de l'épaule ne doit pas être confondue avec une luxation : la tête humérale est dans ce cas refoulée vers le bas mais ne présente pas de déplacement médial.

Figure 282 - Luxation antéromédiale gléno-humérale droite

a. radiographie de l'épaule droite de face. Disparition de l'interligne gléno-huméral, tête humérale projetée médialement sous le processus coracoïde ; b. radiographie de profil de Lamy de l'épaule droite. Projection de la tête humérale en avant de la jonction des 3 branches du « y ».

Pour aller plus loin

Instabilité d'épaule

Elle correspond à des épisodes de subluxations ou de luxations récidivants. Elle est due aux lésions capsulo-ligamentaires et/ou osseuses secondaires à une première luxation gléno-humérale. Les nouveaux épisodes de luxations vont aggraver ces lésions. Les luxations surviennent alors de plus en plus fréquemment pour des traumatismes bénins.

Elle est explorée par des clichés de face de l'épaule en trois rotations et le cliché de profil glénoïdien (Bernageau), qui recherchent des encoches de la tête humérale ou un écoulement du bord inférieur de la glène.

Le bilan capsulo-ligamentaire, lui, est réalisé par arthro-TDM ou arthro-IRM (désinsertion du bourrelet glénoïdien, lésions tendineuses de la coiffe des rotateurs…).

7.5 Fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus

7.5.1 Physiopathologie

Comme souvent en traumatologie, il existe deux mécanismes distincts :

- un **mécanisme indirect**, le plus souvent : chute sur la paume de la main ou sur le coude, chez le sujet âgé (> 60 ans), sur un terrain ostéoporotique fréquent ;
- un **traumatisme indirect**, plus rarement (contexte d'accident de la voie publique chez le sujet jeune).

7.5.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen de **première intention**. On réalise les incidences suivantes :
- épaule de face ;
- profil d'épaule de Lamy.

TDM épaule

Examen de **deuxième intention**, réservée aux fractures articulaires, complexes, et/ou pour le bilan des lésions associées.

Signes positifs

Solution de continuité de l'extrémité supérieure de l'humérus.
Préciser **l'orientation** du trait, le **nombre de fragments** et le **déplacement**.
Il existe deux classifications, résumées dans les deux tableaux suivants :
- la **classification de Duparc** qui distingue fractures articulaires et extra-articulaires.
- la **classification de Neer**, basée sur l'étude des déplacements des quatre segments fondamentaux de Codman que sont les tubercules majeur et mineur, la tête humérale et la diaphyse humérale.

Classification de Duparc

Fractures extra-articulaires parcellaires	Fracture des tubercules : ▸ fracture du tubercule majeur (insertion du tendon du muscle supraépineux) ▸ fracture du tubercule mineur
Autres fractures extra-articulaires	Fracture à 2 fragments dont le trait passe par le col chirurgical, séparant la diaphyse de l'extrémité supérieure de l'humérus (sous tubérositaires) Fracture pouvant être engrenée ou libre
Fractures articulaires	Association d'un trait passant par le col anatomique et d'un ou plusieurs autres traits passant par les tubercules déterminant 2, 3 ou 4 fragments (fractures céphalo-tubérositaires) Fracture pouvant être engrenée ou libre
Fractures-luxations	Association d'un type de fracture décrit ci-dessus à une luxation de la tête humérale, en général antérieure

Classification de Neer

Neer II	Présence de 2 fragments, séparés par un trait de fracture. Regroupe les fractures parcellaires et les fractures extra-articulaires (fracture du col chirurgical de l'humérus)
Neer III	Présence de 3 fragments et 2 traits de fractures Peut être articulaire ou extra-articulaire
Neer IV	Présence de 4 fragments (les 4 segments fondamentaux) : fracture céphalo-tubérositaire

Complication

Il faut rechercher dans tous les cas une **luxation gléno-humérale**.

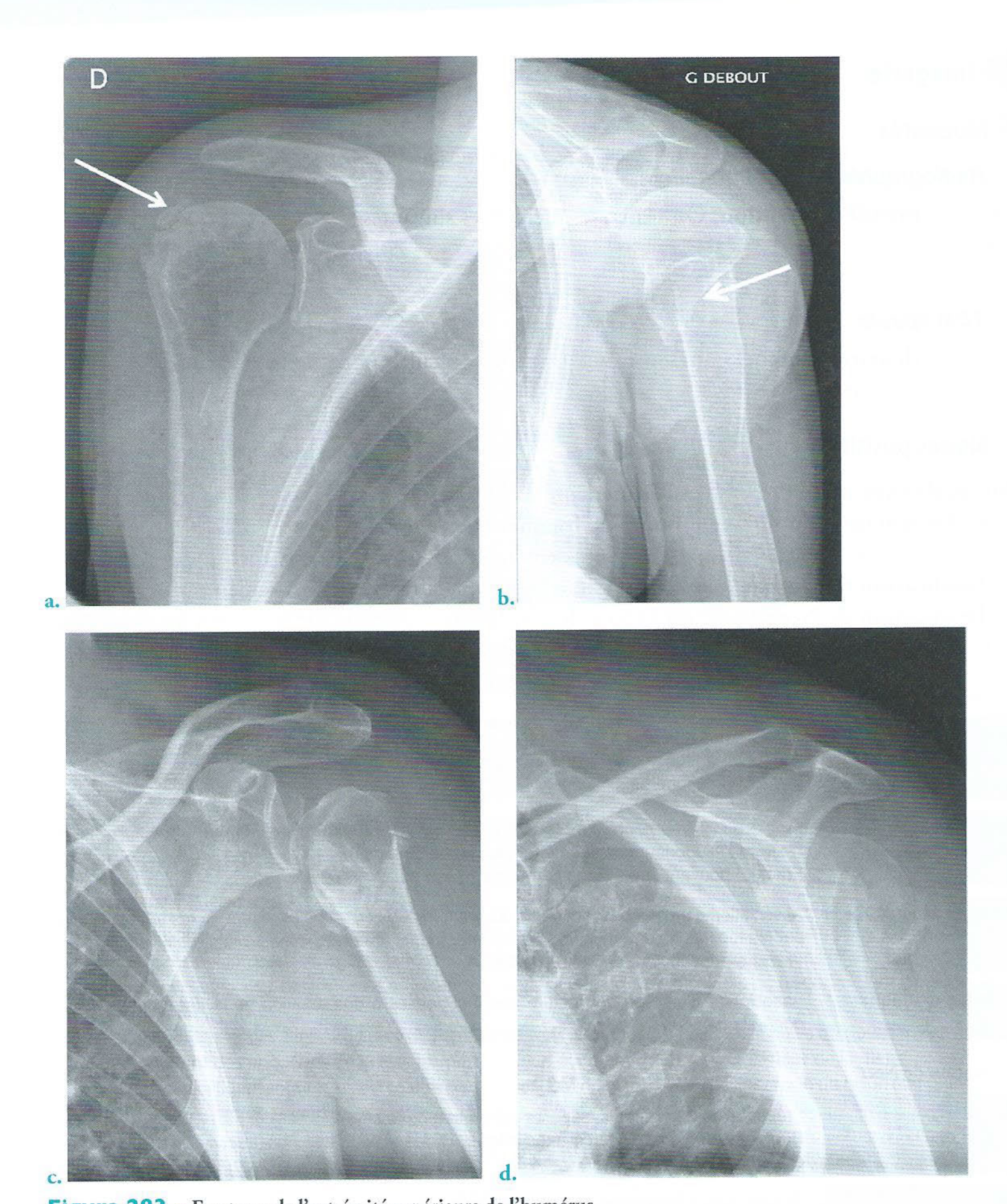


Figure 283 - Fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus
a. radiographie de l'épaule droite de face. Fracture extra-articulaire du tubercule majeur (Neer II) ; b. radiographie de l'épaule gauche de face. Fracture extra-articulaire du col chirurgical (Neer II) ; c. radiographie de l'épaule gauche de face : fracture céphalo-tubérositaire (Neer IV) de l'extrémité supérieure de l'humérus, associée à une disparition de l'interligne gléno-huméral ; d. radiographie de l'épaule gauche selon le profil de Lamy (même patient que c). Projection de la tête humérale fracturée en arrière. Fracture-luxation postérieure de l'extrémité supérieure de l'humérus.

8 Traumatismes du coude

8.1 Physiopathologie

Ils découlent de **traumatismes violents** chez les adultes jeunes, et au contraire pour des **traumatismes mineurs** sur un terrain ostéoporotique. Ils sont par ailleurs fréquents en pédiatrie.

Le coude est une articulation composée de **trois interlignes distincts** (radio-huméral, radio-ulnaire et ulno-huméral), permettant à la fois des mouvements de flexion-extension et de pronation-supination. Le traumatisme (osseux, capsulo-ligamentaires) et/ou son traitement peuvent **compromettre le bon fonctionnement** de l'articulation.

Les lésions traumatiques du coude sont de deux types :

- **fractures** humérales, radiales, ulnaires, souvent articulaires ;
- **luxations**.

Le mécanisme lésionnel peut être **indirect** (chute sur la paume de la main, mécanisme impliqué notamment pour les fractures de la tête radiale et les luxations) ou **direct** (choc direct sur le coude).

8.2 Imagerie

8.2.1 Fractures

Modalités

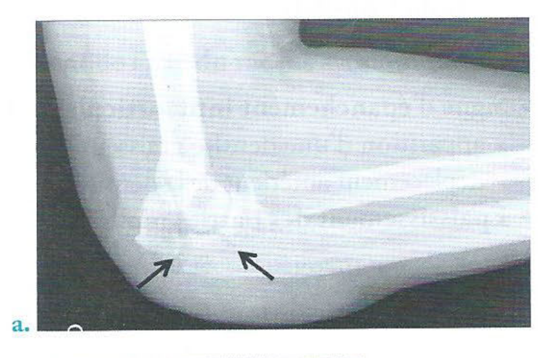
Radiographie conventionnelle

Examen de **première intention**, réalisé selon les incidences suivantes :

- coude de face ;
- coude de profil ;
- éventuellement complété par des incidences de trois quarts droit et gauche (fracture de la tête radiale notamment).

TDM du coude

Réalisée **en deuxième intention** en cas de fracture complexe ou de doute sur les radiographies conventionnelles.



a.

b.

c.

Figure 284 - Traumatismes du coude
a. radiographie du coude gauche de profil : fractures de l'olécrane (flèches) ; b. radiographie du coude droit de profil. Épanchement intra-articulaire révélé par la densité graisseuse postérieure (flèche noire) et le déplacement de la densité graisseuse antérieure (flèche blanche), devant faire rechercher une fracture : solution de continuité de la tête radiale (flèche pointillée). Les signes d'épanchement sont également discrètement visibles sur la radiographie a ; c. radiographie du coude droit de profil : perte des rapports articulaires (disparition des interlignes radio-huméral et ulno huméral). Luxation postérieure du coude.

Signes positifs

Indirects

- Signe d'**épanchement intra-articulaire du coude** sur le cliché de profil :
  - apparition d'une densité graisseuse à la face postérieure du coude ;
  - déplacement antérieur de la densité graisseuse accolée habituellement à la face antérieure du coude.
- **Épaississement des parties molles.**

Directs

On observe une **solution de continuité** :

- de l'extrémité inférieure de l'humérus : on distingue principalement les **fractures supracondylienne** (extra-articulaire), **unicondylienne** (du condyle latéral ou médial), **parcellaire** (de l'épicondyle médial ou latéral), **sus-condylienne** et **intercondylienne** (trait de fracture supracondylien et intercondylien) ;

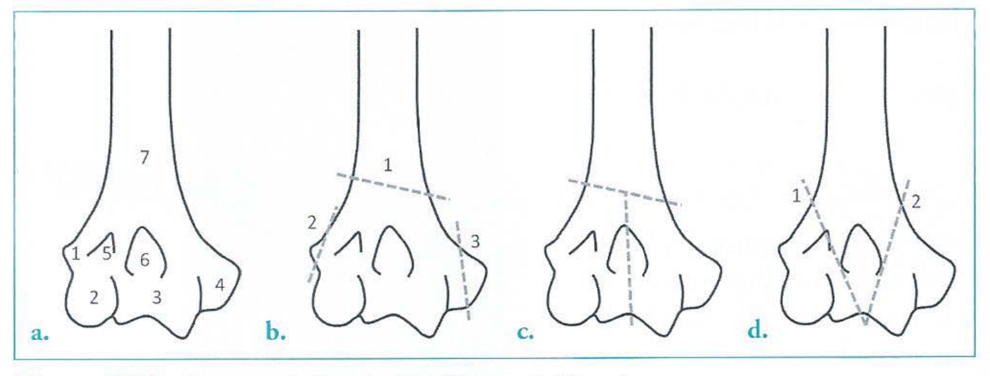


Figure 285 - Fractures de l'extrémité inférieure de l'humérus
a. anatomie normale : 1. épicondyle latéral, 2 : capitulum, 3 : trochlée, 4 : épicondyle médial, 5 : fosse radiale, 6 : fosse coronoïdienne, 7 : diaphyse humérale ; **b.** 1 : fracture supracondylienne, 2 : fracture de l'épidondyle latéral, 3 : fracture de l'épicondyle médial ; **c.** fracture sus- et intercondylienne ; **d.** 1 : fracture du condyle latéral, 2 : fracture du condyle médial.

- de l'olécrane : ce sont des fractures articulaires avec un **déplacement** habituel du fragment proximal **vers le haut** (rétraction du tendon bicipital s'insérant sur l'olécrane) ;
- du processus coronoïde de l'ulna : cette fracture est souvent associée aux **luxations postérieures**, et est un facteur de risque d'instabilité du coude ;
- de la tête radiale : ce sont des **fractures articulaires** également. Leur diagnostic est souvent difficile. Selon la classification de Mason, on distingue les fractures sans déplacement (type I), déplacées (type II) et comminutives (type III).

IMPORTANT
Fracture de Monteggia

C'est une particularité surtout pédiatrique. Elle associe une luxation isolée de la tête radiale à une fracture du tiers supérieur de l'ulna.

8.2.2 Luxations

Du coude

Disparition des interlignes articulaires ulno-huméral et radio-huméral. Les luxations postérieures sont de loin les plus fréquentes.

Isolée de la tête radiale

Rare, surtout chez l'enfant, se traduisant par un **désalignement de l'axe du radius** avec le capitulum de l'humérus.

8.2.3 Lésions associés

- **Fracture du coude** accompagnant une luxation postérieure (tête radiale surtout).
- **Disjonction radio-ulnaire inférieure** ou **deuxième trait de fracture** accompagnant une première fracture bien visible.

9 Traumatismes du poignet

9.1 Fractures de l'extrémité inférieure du radius

9.1.1 Physiopathologie

Ce sont des fractures métaphyso-épiphysaires, conséquences le plus souvent d'un **traumatisme de basse énergie** (chute de sa hauteur sur la paume de la main) chez un sujet âgé, sur un terrain ostéoporotique. Ils sont par ailleurs fréquents en pédiatrie.

Mécanismes des fractures de l'extrémité inférieure du radius

Mécanisme	Type de lésion
Hyperextension forcée du poignet (mécanisme de compression-extension)	Fracture de l'extrémité distale du radius avec déplacement postérieur : ‣ bascule postérieure de la glène ‣ ascension de l'épiphyse radiale par impaction dans la diaphyse ‣ tassement latéral ‣ dislocation radio-ulnaire inférieure
Hyperflexion forcée du poignet (mécanisme de compression-flexion)	Fracture de l'extrémité distale du radius avec déplacement antérieur : ‣ bascule antérieure de la glene ‣ ascension de l'épiphyse radiale par impaction dans la diaphyse ‣ tassement antéro latéral ‣ dislocation radio-ulnaire inférieure

Plus rarement, il s'agit d'un **traumatisme violent** chez un sujet jeune, dont la conséquence est une fracture comminutive.

9.1.2 Imagerie

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**. On réalise les incidences suivantes :

- poignet de face ;
- poignet de profil.

TDM du poignet (avec éventuellement arthro-TDM)

Réalisée **en deuxième intention**, pour les fractures complexes, articulaires et pour le bilan des lésions associées (ligamentaires).

Signes positifs

- Solution de continuité de l'extrémité inférieure du radius.
- Préciser ses caractéristiques notamment le caractère articulaire ou non et le déplacement.

Description de différents types de fractures de l'extrémité inférieure du radius

			Face	Profil
Fracture à déplacement postérieur	Sus-articulaire	Pouteau Colles	▸ Trait de fracture transversal sus-articulaire ▸ Horizontalisation de la ligne bistyloïdienne, index radio-ulnaire nul ou positif ▸ Tassement latéral de l'épiphyse radiale (perte de la pente radiale) ▸ Diastasis radio-ulnaire inférieur	▸ Trait de fracture oblique en bas et en avant, sus-articulaire ▸ Comminution corticale postérieure ▸ Bascule postérieure et horizontalisation de l'épiphyse radiale ▸ Engrènement postérieur (pénétration de la diaphyse dans l'épiphyse)
		Gérard Marchant	Idem Pouteau-Colles + arrachement de la styloïde ulnaire	
	Articulaire	Fracture cunéenne latérale	Trait de fracture oblique détachant la styloïde radiale sur l'incidence de face, déplacement souvent peu important	
		Fracture marginale postérieure	Trait de fracture détachant la marge postérieure de la glène radiale sur l'incidence de profil	
		Complexe	Trait de fracture sus-articulaire (de type Pouteau Colles) associé à un refend articulaire : fracture en « T » sur l'incidence de face	
			Fractures comminutives (fragments multiples)	
Fracture à déplacement antérieur	Sus-articulaire	Goyrand Smith	▸ Trait de fracture transversal sus-articulaire ▸ Tassement antérolatéral	▸ Trait de fracture oblique en haut et en avant ▸ Bascule antérieure de l'épiphyse radiale ▸ Comminution antérieure ▸ Pas d'engrènement
	Articulaire	Fracture marginale antérieure	Trait de fracture détachant la marge antérieure de la glène radiale sur l'incidence de profil. Souvent associé à une luxation antérieure du carpe	
		Complexe	Trait de fracture sus-articulaire associé à un refend articulaire : fracture en « T » sur l'incidence de face	
			Fractures comminutives (fragments multiples)	

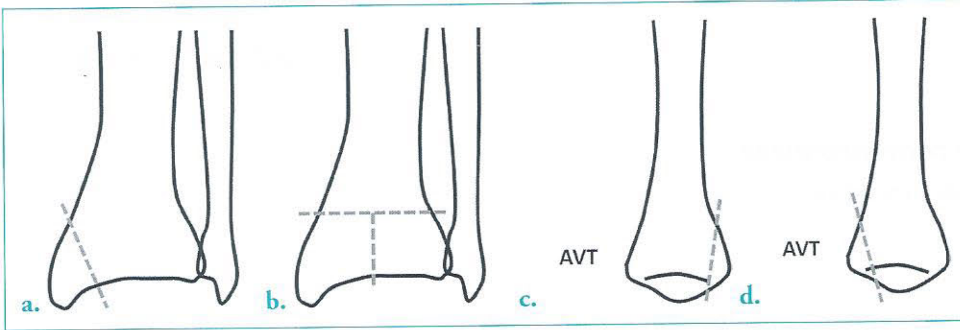
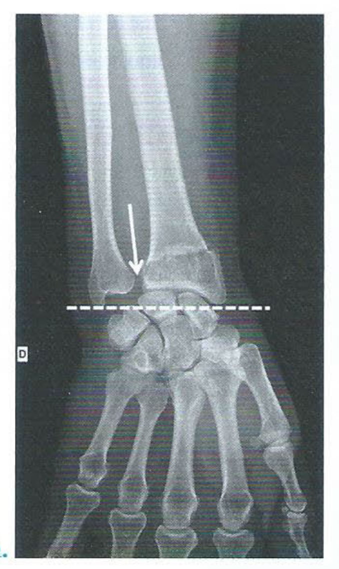


Figure 286 - Fractures articulaires de l'extrémité inférieure du radius
Trait(s) de fracture en pointillés ; a. et b. : vue de face , c. et d. : vue de profil ; AVT = avant ; a. fracture cunéenne latérale ; b. fracture sus-articulaire avec refend articulaire en « T » ; c. fracture marginale postérieure ; d. fracture marginale antérieure.

Signes associés

- **Luxations des os** du carpe.
- **Fractures** des os du carpe (notamment du scaphoïde).



a.

b.

c.

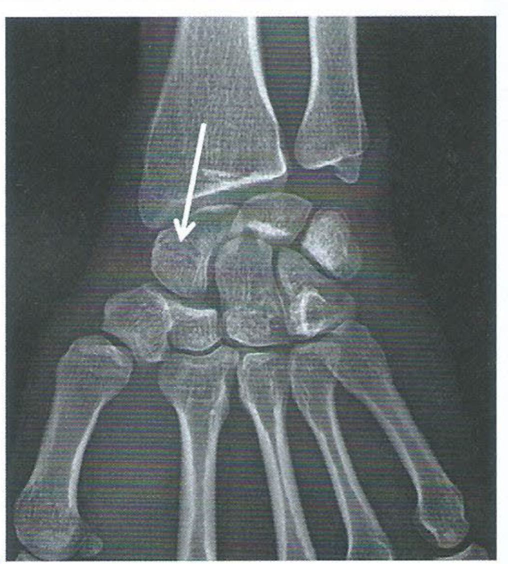
d.

Figure 287 - Fractures de l'extrémité inférieure du radius
a. radiographie du poignet droit de face. Trait de fracture transversal sus-articulaire de l'extrémité inférieure du radius avec horizontalisation de la ligne bistyloïdienne (ligne pointillée) et diastasis radio-ulnaire inférieur (flèche) ; b. radiographie du poignet droit de profil (même patient que a.). Trait de fracture oblique en bas et en avant, avec bascule postérieure de la glène (flèche) et engrènement postérieur. Fracture de Pouteau Colles ; c. radiographie du poignet gauche de face. Trait de fracture transversal sus-articulaire et trait de refend articulaire, tassement antérolatéral et arrachement de la styloïde ulnaire (flèches) ; d. radiographie du poignet gauche de profil (même patient que c.). Trait de fracture oblique avec bascule antérieur de la glène (flèche). Absence d'engrènement. Fracture de l'extrémité inférieure du radius à déplacement antérieur, associée à un trait de refend articulaire et un arrachement de la styloïde ulnaire.

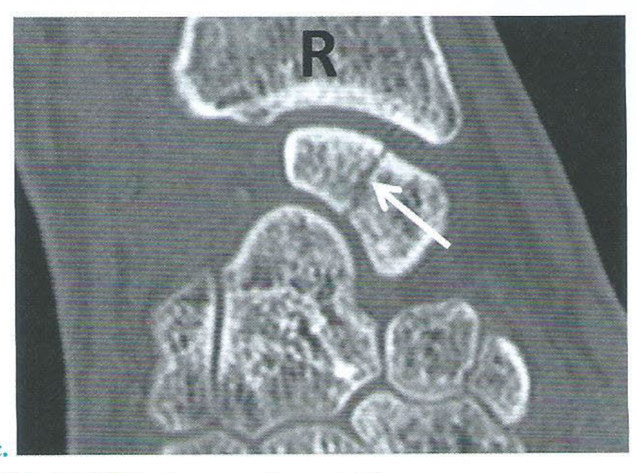
9.2 Fractures des os du carpe

- Les fractures du **scaphoïde** et du **triquetrum** regroupent **95 % des fractures** des os du carpe.
- Les fractures des autres os sont **rares** et surviennent souvent dans le cadre d'associations lésionnelles (fracture du capitatum associée à une luxation périlunaire du carpe par exemple).
- Le tableau suivant résume la physiopathologie et l'imagerie des fractures des os du carpe.

Os concerné	Physiopathologie	Imagerie
Scaphoïde	Fracture de loin la plus fréquente Elle survient lors d'une chute sur le poignet en hyperextension (chute sur la paume de la main) Les fractures de l'isthme et du corps exposent au risque d'ostéonécrose du pole proximal	Radiographie du poignet de face et de profil, pouvant être complétées par des incidences dédiées (en extension/ inclinaison ulnaire du poignet) En cas de doute, refaire des clichés à 10-15 jours du traumatisme ou compléter par une TDM ou une IRM
Triquetrum	Deuxième os atteint en fréquence Les fractures intéressent essentiellement le tubercule dorsal	Radiographie du poignet de profil : fragment osseux à la face dorsale de la première rangée du carpe
Hamatum	Les fractures intéressent essentiellement l'hamulus (crochet) et surviennent soit par choc direct (unique ou répété), soit par l'arrachement de l'insertion du ligament annulaire du carpe	Fracture difficile à identifier en radiographie conventionnelle (radiographies en extension forcée du poignet impossible à réaliser dans un contexte douloureux) TDM du poignet si doute


a.

b.



c.

Figure 288 - Fractures du scaphoïde
a. radiographie du poignet gauche de face. Fracture du corps du scaphoïde (flèche) ; b. radiographie du poignet droit de face. Pas de trait de fracture visible sur le scaphoide ; c. TDM du poignet, reconstruction coronale, fenêtre osseuse (même patient que b) fracture du corps du scaphoïde (flèche), invisible à la radiographie. R = extrémité inférieure du radius.

9.3 Luxations du poignet

Le tableau suivant résume la physiopathologie et l'imagerie des luxations du poignet les plus fréquentes.

Type de luxation	Physiopathologie	Imagerie
Radio-ulnaire inférieure	Fréquemment associée à une fracture de Pouteau Colles. Un cas particulier : la fracture-luxation de Galeazzi, association d'une fracture de la diaphyse radiale (quart inférieur) sans fracture ulnaire mais avec luxation radio-ulnaire inférieure	Radiographie de poignet de face : diastasis radio-ulnaire inférieur
Péri-lunaire du carpe	Chute violente sur la paume de la main Luxations essentiellement rétrolunaires Chercher des fractures associées des os du carpe	Radiographie de poignet de profil : perte de l'alignement normal du radius, du lunatum et du capitatum
Scapholunaire	Chute sur la paume de la main C'est la subluxation intracarpienne la plus fréquente	Radiographie du poignet de face : diastasis scapholunaire (interligne supérieur à 2 mm)

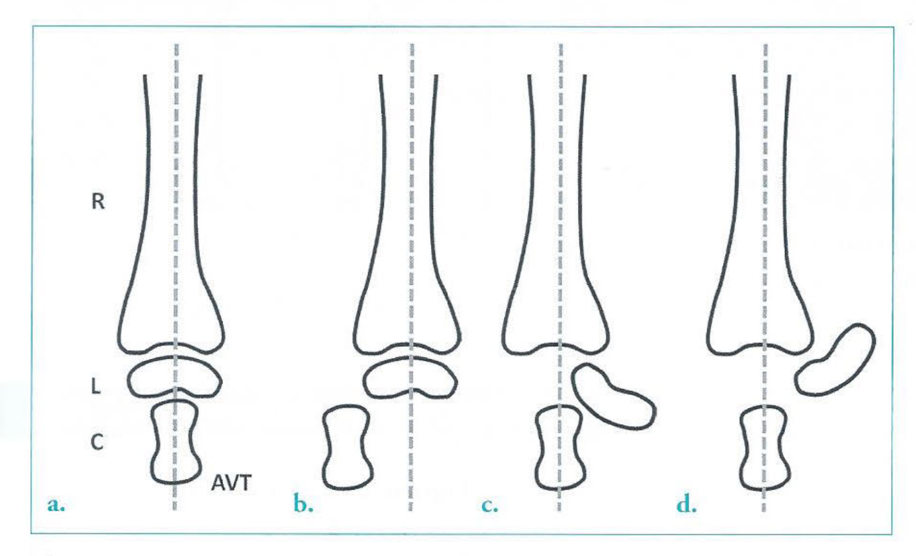


Figure 289 - Luxations rétrolunaires du carpe
a. alignement normal sur une radiographie du poignet de profil. R= radius, L= lunatum, C = capitatum, AVT = avant ; b. luxation de type I. Respect des freins ligamentaires reliant le lunatum à l'extrémité inférieure du radius. Chercher une fracture du scaphoïde associée ; c. luxation de type II. Rupture des freins ligamentaires postérieurs ; d. luxation de type III. Rupture des freins ligamentaires antérieurs et postérieurs.

Figure 290 - Exemple de luxation rétrolunaire du carpe
Radiographie du poignet droit de profil. Désalignement du lunatum (flèche). Luxation rétrolunaire du carpe de type III.

10 Fractures du métacarpe et des doigts

10.1 Physiopathologie

Elle varie selon les os et les types de fractures.

Il faut connaître les principales insertions ligamentaires et musculaires des os métacarpiens et des phalanges pour comprendre certaines fractures, qui sont des arrachements ligamentaires ou tendineux :

- insertion du **tendon du long abducteur du pouce** sur la **base radiale du premier métacarpien** ;
- insertion des **ligaments collatéraux des doigts** : sur les **bords latéraux et médiaux des métacarpiens** et **des phalanges** ;
- insertion de la **plaque palmaire** (renforcement de la capsule de chaque articulation) sur la **base palmaire de chaque phalange** ;
- insertion des **tendons extenseurs des doigts** à la **base dorsale de chaque phalange.**

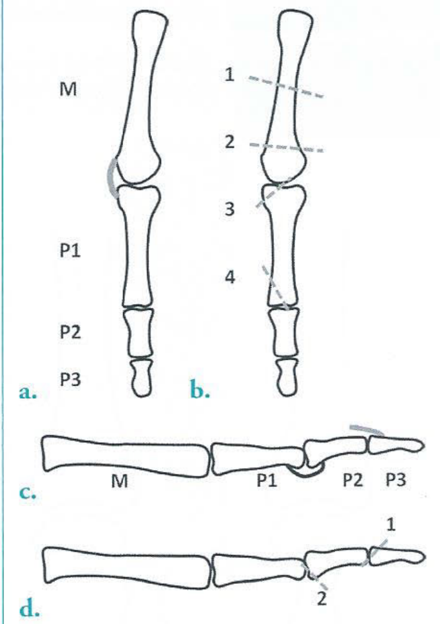


Figure 291 - Fractures des métacarpes et des phalanges

a. schéma d'un doigt vu de face à la radiographie : M = métacarpien ; P1 = première phalange ; P2 = deuxième phalange ; P3 = troisième phalange ; trait gris = exemple de ligament collatéral (présents sur les bords latéral et médial de chaque phalange) ; b. exemples de fracture : 1 = fracture diaphysaire transversale ; 2 = fracture du col métacarpien ; 3 = fracture avulsion du ligament collatéral ; 4 = fracture articulaire ; c. schéma d'un doigt vu de profil à la radiographie : M = métacarpien ; P1 = première phalange ; P2 = deuxième phalange ; P3 = troisième phalange ; trait gris = exemple d'insertion d'un tendon extenseur sur la base dorsale d'une phalange ; trait noir = exemple de plaque palmaire sur la base palmaire d'une phalange ; d. exemples de fracture : 1 = fracture avulsion de l'insertion du tendon extenseur ; 2 = fracture avulsion de la plaque palmaire.

10.2 Imagerie

10.2.1 Modalités

La radiographie conventionnelle est l'examen **de première intention** et seul nécessaire ; on réalise les incidences suivantes :

- suspicion de fracture métacarpienne ou phalangienne : main de face et de trois quarts;
- suspicion de fracture isolée du pouce (ou d'un autre doigt) : doigt de face et de profil.

10.2.2 Signes positifs

Solution de continuité d'un métacarpien ou d'une phalange.

En vue du traitement, il faut préciser le **type de fracture** :

- diaphysaire transversale ;
- diaphysaire spiroïde avec déplacement des fragments ;
- atteignant une surface articulaire ;
- avulsion de la base d'une phalange ;
- avulsion de la plaque palmaire ;
- fracture du col d'un métacarpien (appelé aussi fracture du boxeur : résulte d'un traumatisme direct sur le poing fermé) ;
- un type particulier : la fracture luxation de Benett. C'est une fracture articulaire de la base du premier métacarpien (M1). Le fragment radial est attiré par le long abducteur du pouce, s'insérant à la base radial de M1.

a. b.

Figure 292 - Fractures des métacarpiens
a. radiographie de la main droite de face. Fracture du col du cinquième métacarpien (flèche) ; **b.** radiographie de la main gauche de face. Fracture de la base du premier métacarpien (flèche) avec déplacement du fragment radial. Fracture luxation de Benett.

11 Traumatismes du rachis

11.1 Définitions

Plusieurs termes doivent être définis au préalable :
- **segment rachidien moyen** : il est formé par les éléments qui entourent le canal rachidien, soit le mur vertébral postérieur, les pédicules, les lames et les processus articulaires ;
- **mur postérieur** : partie postérieure du corps vertébral, limitant le canal rachidien en avant ;
- **segment mobile rachidien** : ce sont les éléments disco-ligamentaires assurant à la fois la contention et la mobilité vertébrale. Il s'agit des disques intervertébraux, des capsules, des processus articulaires postérieurs, des ligaments vertébraux longitudinaux antérieur et postérieur, du ligament interépineux, et du ligament jaune.

11.2 Physiopathologie

Les traumatismes rachidiens se présentent selon deux situations cliniques distinctes :
- **traumatisme de haute énergie** chez des sujets jeunes (accident de la voie publique, défenestration, agression) ;
- ou **traumatisme** pouvant être **d'intensité plus modérée** chez des sujets âgés : lésions favorisées par l'ostéoporose et/ou une fracture sur un os pathologique (lésions osseuses secondaires ou primitives sous-jacentes). À l'extrême, il peut s'agir d'une fracture atraumatique.

Il existe quatre types de mécanismes lésionnels : par **compression axiale**, **hyperflexion**, **hyperextension** ou **rotation**. Ces mécanismes peuvent se combiner entre eux.
Les lésions rachidiennes sont à la fois **osseuses** et **discoligamentaires**.
Sur le rachis cervical, les fractures prédominent au rachis cervical supérieur (C1 et C2), tandis que les entorses sont plus fréquentes au rachis cervical inférieur.
Au rachis dorso-lombaire, les fractures sont préférentiellement situées à la charnière (de T10 à L2) et au sommet de la cyphose dorsale (T5-T6).
L'enjeu du diagnostic des lésions rachidiennes traumatiques, osseuses ou disco-ligamentaires, est de séparer les **lésions stables** des **lésions instables** (à risque de complications neurologiques par compression médullaire ou radiculaire).
La stabilité rachidienne est assurée par le **segment rachidien moyen** (SRM) ainsi que par le **segment mobile rachidien** (SMR).
L'atteinte du segment mobile rachidien ou du segment rachidien moyen est source de l'**instabilité** d'une fracture ou d'une entorse.

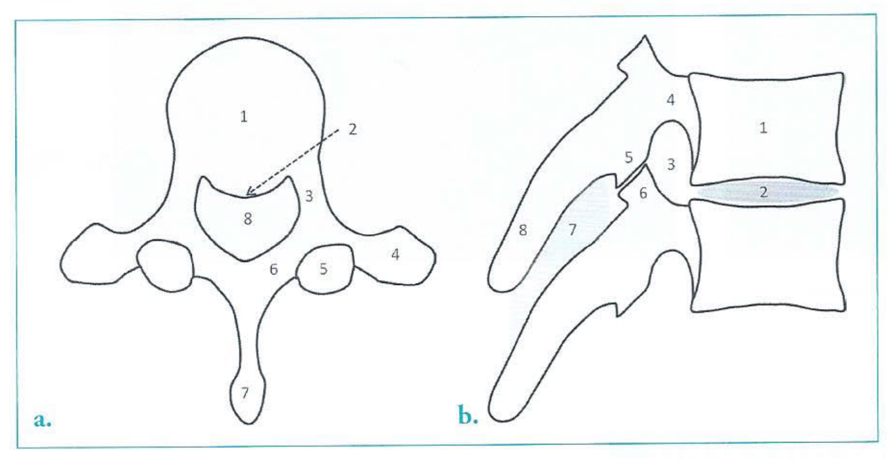


Figure 293 - Schématisation d'une vertèbre (vertèbre thoracique prise comme exemple)
a. vertèbre dans le plan axial, vue de dessous : 1. corps vertébral ; 2. mur postérieur ; 3. Pédicule ; 4. processus transverse ; 5. processus articulaire inférieur ; 6. lame ; 7. processus épineux, 8. canal rachidien ; **b.** vertèbres vues de profil : 1. corps vertébral ; 2. disque intervertébral. 3. foramen de conjugaison ; 4. pédicule ; 5. processus articulaire inférieur de la vertèbre sus-jacente ; 6. processus articulaire inférieur de la vertèbre sous-jacente ; 7. ligament interépineux, 8. processus épineux ; **c.** vertèbre en vue oblique : 1. ligament interépineux ; 2. ligament jaune ; 3. ligament longitudinal postérieur ; 4. ligament longitudinal antérieur.

11.3 Imagerie

Les intérêts sont doubles : faire le **diagnostic positif** et la **description lésionnelle**, puis évaluer la **stabilité** pour orienter la prise en charge thérapeutique.

11.3.1 Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention** devant un traumatisme rachidien, les incidences suivantes sont réalisées en décubitus :
- rachis cervical : face, face bouche ouverte et profil ;
- rachis dorsal : face et profil ;
- rachis lombaire : face et profil.

Ces clichés peuvent si besoin être complétés par des incidences de trois quarts droit et gauche.
Des clichés dynamiques en hyperflexion ou hyperextension sont parfois réalisés **en deuxième intention**, en l'absence de signe de fracture sur les premiers clichés et en l'absence de signes neurologiques, afin de rechercher des signes d'entorse.

TDM rachidienne

Examen indiqué **en deuxième intention** en cas de doute diagnostique ou de fracture instable sur les radiographies, ou en première intention en cas de polytraumatisme. Sa sensibilité est supérieure à celle de la radiographie conventionnelle.

IRM rachidienne

Indiquée en **cas de signes neurologiques**, médullaires ou radiculaires.

11.3.2 Signes positifs

Directs

Fractures

- Fracture tassement d'un corps vertébral :
  - **fracture tassement cunéiforme** : perte de hauteur d'un corps vertébral, parfois uniquement antérieur avec conservation de hauteur du mur vertébral postérieur ;
  - ou **fracture comminutive** (multiples fragments).
- Autres fractures : solution de continuité d'**un processus épineux**, **transverse**, **articulaire**, **d'un pédicule** ou d'**une lame**.

Autres

Pincement discal, bâillement interarticulaire postérieur, augmentation de l'espace interépineux, perte d'alignement d'un corps vertébral (résultant de fractures et/ou de lésions disco-ligamentaires).

Indirects

Hématome périfracturaire

Bombement de la ligne paravertébrale gauche (valable pour le rachis dorsal).

Modification de la courbure rachidienne

Perte de la lordose cervicale ou lombaire physiologique (n'est pas un signe spécifique de fracture, la modification de la courbure peut être simplement secondaire à une contraction musculaire reflexe à la douleur).

11.3.3 Complications

Il peut s'agir d'une **compression médullaire** ou **radiculaire** : explorées en IRM (*voir « Lomboradiculalgies et névralgies cervico-brachiales », page 395, et le chapitre 19 « Compression médullaire », page 349*).

Les deux tableaux suivants résument les descriptions des principaux types de fractures.
Les signes sont décrits pour la radiographie conventionnelle, cependant, dès lors que le diagnostic est douteux ou en faveur d'une lésion instable, une imagerie complémentaire par TDM est réalisée et permet de mieux préciser ces signes.

Traumatisme du rachis cervical supérieur (on distingue les deux premières vertèbres cervicales des autres vertèbres en raison de leur anatomie particulière)

	Type	Mécanisme	Description	Stable	Instable
C1 (ATLAS)	**Fracture de Jefferson**	Compression axiale	Fracture des arcs antérieur et postérieur de l'atlas et divergence des masses latérales Cliché de face bouche ouverte : écartement anormal des masses latérales de l'atlas (distance masse latérale de l'atlas/odontoïde supérieure à 7 mm)	Variable (souvent stable)	
C1 (ATLAS)	**Fracture horizontale isolée de l'arc antérieur (Ramon-Soler) ou isolée de l'arc postérieur**	Hyperextension	Secondaire à l'impaction de l'arc antérieur contre l'odontoïde pour la fracture isolée de l'arc antérieur Trait de fracture horizontal de l'arc antérieur ou postérieur (diagnostic difficile sur la radiographie)	X	
C1 (ATLAS)	**Fracture d'une masse latérale**	Compression axiale	Cliché de face bouche ouverte : trait de fracture sagittal ou coronal d'une masse latérale	X	
C2 (AXIS)	**Fracture de l'odontoïde**	Compression + distraction en flexion ou en extension	Cliché de profil : ▸ déplacement antérieur (hyperflexion) ou postérieur (hyper extension) de l'odontoïde ▸ rupture de l'anneau de Harris ▸ augmentation d'épaisseur des parties molles pré vertébrales (> à 4 mm) Cliché de face bouche ouverte : trait de fracture intéressant l'apex (type I), le col (type II) ou la base de l'odontoïde (type III)	Variable	
C2 (AXIS)	**Fracture des pédicules de C2 (fracture du pendu)**	Hyperextension	Cliché de profil : traits de fracture des pédicules de C2, séparant le corps de l'arc postérieur		X
Entorse grave C1-C2		Hyperflexion	Rupture du ligament transverse de C1 (rétro odontoïdien) Cliché de profil : augmentation anormale de la distance entre l'arc antérieur de C1 et la face antérieur de l'odontoïde (supérieure à 5 mm)		X

Traumatismes du rachis cervical moyen et inférieur, du rachis thoracique et lombaire

	Type	Mécanisme	Description	Stable	Instable
Fractures du corps vertébral	Fracture tassement cunéiforme antérieure	Compression axiale + flexion	Cliché de profil : enfoncement du tiers antérieur du corps vertébral et respect du mur postérieur	X	
	Fracture comminutive *burst fracture*	Compression axiale	Cliché de face et de profil ▸ multiples fragments fracturaires du corps vertébral (éclatement du corps vertébral) ▸ recul du mur postérieur (profil)		X
	Fracture séparation du corps vertébral	Variable	Cliché de face et de profil : trait de fracture sagittal ou coronal du corps vertébral	X	
	Fracture d'un coin antéro-inférieur ou antéro-supérieur	Compression axiale + flexion	Cliché de profil : trait de fracture séparant le coin antérieur du corps vertébral		X
	Tear drop fracture (rachis cervical inférieur)	Compression axiale + flexion	Atteinte complète du SMR et fracture comminutive du corps vertébral Cliché de profil : ▸ augmentation de l'écart interépineux ▸ pincement discal ▸ bâillement des processus articulaires postérieurs ▸ subluxation des corps vertébraux ▸ fracture comminutive du corps vertébral avec trait sagittal antéro-inférieur		X
Fractures de l'arc postérieur postérieur	Fractures bénignes	Variables	Fracture isolée d'un processus épineux, d'un processus transverse, d'une lame	X	
	Fracture séparation des massifs articulaires	Rotation extension	Traits pédiculaires et traits lamaires séparant les massifs articulaires du reste de la vertèbre		X
Entorses	Bénigne	Hyperflexion	Distension ou déchirure des ligaments du SMR, sans atteinte discale Clichés statiques : normaux ou perte de la courbure rachidienne normale Clichés de profil dynamiques : ▸ augmentation de l'écart interépineux ▸ bâillement des processus articulaires postérieurs	X	
	Grave	Hyperflexion	Atteinte du SMR dont le disque intervertébral Cliché de profil : ▸ augmentation de l'écart interépineux ▸ bâillement des processus articulaires postérieurs ▸ antelisthésis (bascule antérieure du corps vertébral sus-jacent)		X

Luxations	Luxation simple	hyperflexion + distraction	Atteinte du segment mobile rachidien et décoaptation d'un ou des deux massifs articulaires postérieurs Cliché de profil : ‣ antélisthésis (bascule antérieure du corps vertébral sus-jacent) ‣ « accrochages des articulaires » : processus articulaires inférieurs de la vertèbre sus-jacente venant se placer en avant des processus articulaires supérieurs de la vertèbre sous-jacente		X
	Fracture luxation	hyperflexion + rotation/ translation	Luxation associée à une fracture d'un ou deux massifs articulaires		X

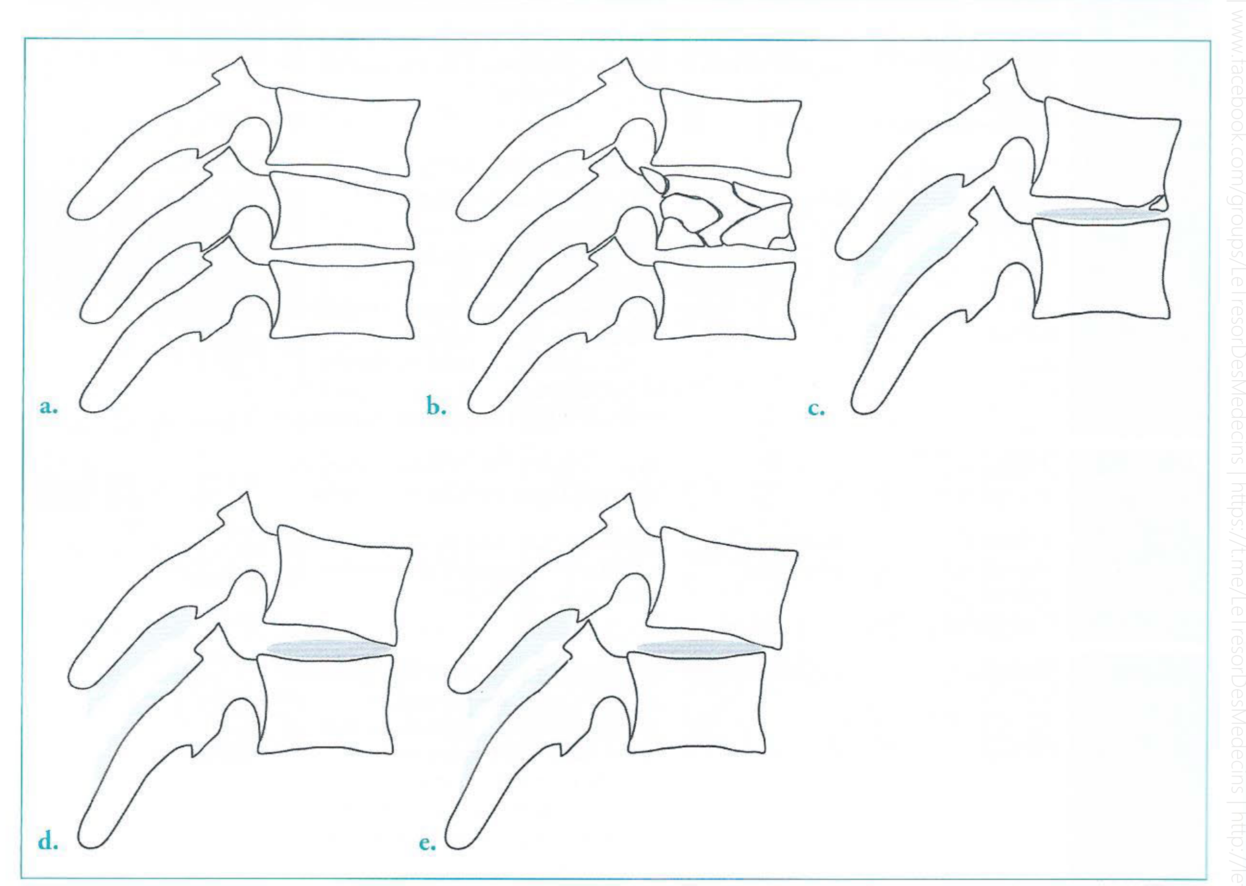
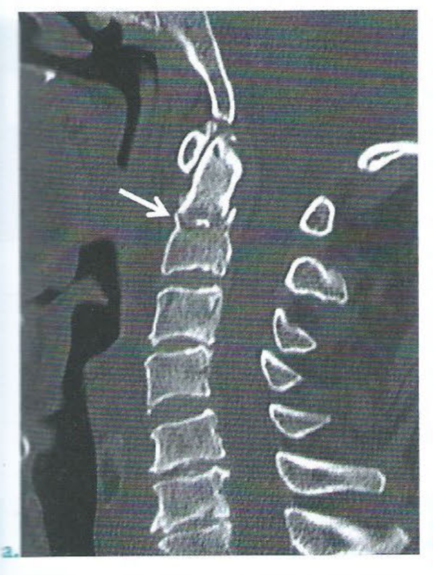
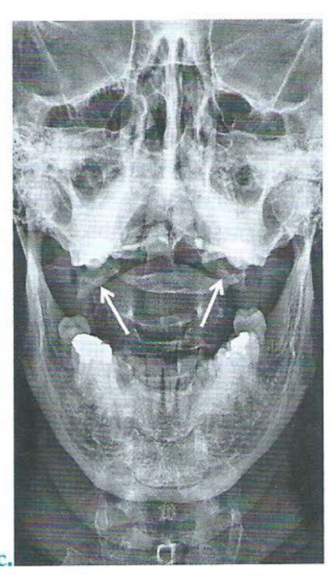
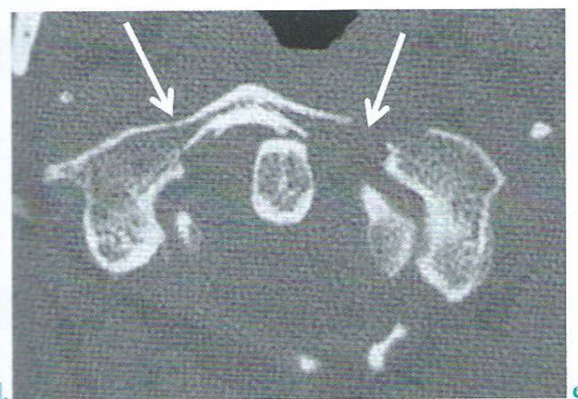


Figure 294 - Lésions ostéoligamentaires du rachis
a. fracture tassement antérieur : mur postérieur intact ; b. fracture comminutive : fragment postérieur dans le canal rachidien ; c. tear drop fracture ; d. entorse grave ; e. luxation.







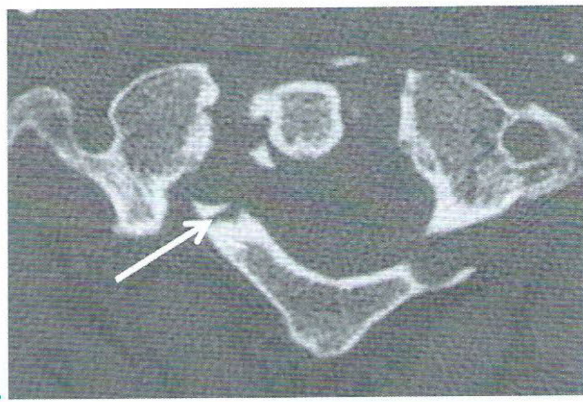


Figure 295 - Fractures rachidiennes
a. et b. TDM du rachis cervical, reconstruction sagittale (a.) et coronale (b.), fenêtre osseuse. Fracture de la base de l'odontoïde type III (flèches) ; c. radiographie de C1-C2 bouche ouverte. Écartement anormal des masses latérales de C1, désalignement des masses latérales par rapport au corps de C2 (flèches) ; d. et e. TDM du rachis cervical, coupes axiales, fenêtres osseuses (même patient que c.). Fractures des arcs antérieurs (d, flèches), et postérieurs de C1 (e, flèche désignant la fracture de l'arc postérieur droit). Fracture de Jefferson ; f. TDM du rachis cervical, reconstruction sagittale, fenêtre osseuse. Fracture du corps vertébral de C5 (trait de fracture coronal).

IMPORTANT

Diagnostic étiologique des fracture-tassements vertébrales

Devant une fracture-tassement vertébrale sur une radiographie conventionnelle, il convient de rechercher des éléments en faveur d'une étiologie bénigne (tassement favorisé par l'ostéoporose) ou d'une lésion maligne sous-jacente (métastase vertébrale, myélome...). Il existe plusieurs éléments d'orientation, dont la spécificité et la sensibilité ne sont pas absolues. Il faut donc s'appuyer sur un faisceau d'arguments.

On compare souvent les fragments d'une fracture-tassement vertébrale aux pièces d'un puzzle. Dans le cas d'une fracture bénigne, toutes les pièces peuvent être retrouvées. Au contraire, dans les étiologies malignes, certaines pièces du puzzle sont manquantes.

La TDM et surtout l'IRM sont d'une performance bien meilleure, et sont réalisées au moindre doute de malignité. Le tableau ci-dessous résume les signes d'orientation étiologiques devant les fractures-tassements vertébrales.

	En faveur d'une d'origine bénigne	En faveur d'une d'origine maligne
Localisation	Charnière dorso-lombaire Vertèbres lombaires	Vertèbres au dessus de T7
Nombre	Multiple	Unique
Densité osseuse	‣ Hypertransparence homogène ‣ Absence d'ostéolyse ‣ Absence d'ostéocondensation en dehors du tassement	‣ Pas d'hypertransparence diffuse ‣ Ostéolyse ou ostéocondensation non expliquée par le tassement possible
Forme	Biconcave, en galette de profil, symétrique de face	‣ Tassement localisé, déformation angulaire des plateaux vertébraux de profil ‣ Tassement asymétrique de face
Corticales	Présentes	Effacées
Lyse pédiculaire	Non	Possible
Mur postérieur	Habituellement respecté (mais possible recul d'un coin postérieur de la vertèbre)	Bombement
Masse des parties molles	Non	Possible
Présence d'air intradiscal	Souvent	Non

a.

b.

Figure 296 - Fractures-tassements vertébrales
a. radiographie du rachis lombaire de profil. Multiples fractures tassements vertébrales d'aspect en galette, sans recul du mur postérieur (de haut en bas : T8, T9, T10, L1, L5) ; b. TDM du rachis thoracique en reconstruction sagittale, fenêtre osseuse. Deux fractures tassements adjacentes du rachis thoracique, avec recul du mur postérieur (fragments osseux dans le canal rachidien, flèches). Plages hypodenses au sein des deux corps vertébraux, faisant suspecter un processus lytique sous-jacent. Il s'agissait de lésions secondaires osseuses révélatrices d'un cancer mammaire.

Chapitre 22
Particularités pédiatriques

Item n° 51. Retard de croissance staturo-pondérale
Item n° 52. Boiterie chez l'enfant
Item n° 360. Fractures chez l'enfant : particularités épidémiologiques, diagnostiques et thérapeutiques

1 Pathologies non traumatiques

1.1 Calcul d'un âge osseux

Le calcul de l'âge osseux est utile pour l'exploration des **retards ou avances de croissance**.
Chez l'adolescent, il permet également d'évaluer le **potentiel évolutif d'une scoliose** en fonction de la croissance (terminée ou non).
Il est réalisé selon différentes modalités en fonction de l'âge de l'enfant, résumées dans le tableau suivant.

Méthode	Âge	Principe
Lefèbvre et Kofmann	0 à 2 ans	▸ Clichés d'un membre supérieur et d'un membre inférieur (hémisquelette) ▸ Cotation des points d'ossification des épiphyses des os longs, des os du carpe et du tarse. ▸ Chiffre obtenu représenté sur des courbes établies par les auteurs ▸ Précision de l'ordre de 1 mois
Greulich et Pyle	2 ans à 15 ans	▸ Cliché de la main et du poignet gauche de face ▸ Comparaison de l'ossification du poignet de la main gauche de l'enfant par rapport à un atlas d'images de références ▸ Méthode surtout fiable jusqu'à 8 ans
Nahum et Sauvegrain	8 ans à 14 ans	▸ Cliché du coude de face ▸ Cotation des soudures épiphysaires du coude (trochlée, olécrane, tête radiale, condyles médial et latéral) ▸ Chiffre obtenu reportée sur une courbe établie par les auteurs ▸ Meilleure précision pour les enfants de 8 à 14 ans que la méthode précédente
Risser	> 13 ans (fille), >15 ans (garçon)	▸ Cliché du bassin de face ▸ Cotation du développement du noyau d'ossification de la crête iliaque de 0 à 5 ▸ Soudure de la crête iliaque (score de Risser à 5) témoignant d'une croissance terminée

1.2 Rachitisme

1.2.1 Physiopathologie

La baisse du taux de **vitamine D** (conséquence d'une carence d'apport, d'une malabsorption, d'une faible exposition solaire, rarement de syndromes génétiques de vitaminorésistance) est responsable :
- d'une **diminution de dépôts de sels de calcium** sur la matrice protéique de l'os ;

- donc d'un **défaut de minéralisation osseuse** et d'une exubérance du tissu ostéoïde ;
- avec formation d'os « mous », sujets aux **déformations**, aux **fissures** et aux **fractures**.

Les signes cliniques et radiologiques s'observent essentiellement entre 6 mois et 4 ans.
Cette ostéopénie est appelée ostéomalacie chez l'adulte (après fusion du cartilage de conjugaison).

1.2.2 Imagerie

Elle fait partie du **bilan initial** de rachitisme. Les signes radiologiques varient en fonction de la sévérité et de l'ancienneté des troubles métaboliques.

Modalités

La radiographie conventionnelle est le **seul examen nécessaire**. On réalise une radiographie de poignet de face, souvent contributive, et une radiographie du thorax de face.
Les signes les plus précoces sont observés sur les métaphyses.

Signes positifs

- **Déformations** métaphysaires et épiphysaires.
- **Hypertransparence** osseuse diffuse (témoignant de la déminéralisation).

Signes radiologiques du rachitisme en fonction de sa localisation

Sites		Signes radiologiques
Os longs	Métaphyse (signes précoces)	▸ Irrégularité et élargissement transversal de la métaphyse ▸ Déformation en cupule des métaphyses et apparition de spicules latéraux donnant l'aspect typique « en toit de pagode » ▸ Augmentation de l'espace métaphyso-épiphysaire
	Épiphyse	▸ Retard d'apparition des points d'ossification, qui sont d'aspect flou et irrégulier
	Diaphyse (signes tardifs)	▸ Déformation diaphysaire (membres inférieurs): incurvation aboutissant à une coxa vara en genu valgum ou varum ▸ Pseudo-fractures de Looser-Milkman (lignes radiotransparentes perpendiculaires à l'axe diaphysaire) ▸ Fractures vraies (plus rares, formes sévères)
Thorax		▸ Élargissement des jonctions chondro-costales (image « en bouchons de champagne ») ▸ Déformation thoracique (aplatissement antéropostérieur, rétrécissement sous-mammaire) ▸ Fractures costales avec cals exubérants (formes sévères)
Crâne		▸ Amincissement de la voute crânienne, sutures larges et mal limitées

1.3 Ostéochondrite primitive de la hanche ou maladie de Legg-Perthes-Calvé

1.3.1 Physiopathologie

Il s'agit d'une **interruption de la vascularisation du noyau épiphysaire** de la tête fémorale, d'étiologie inconnue, se manifestant par :

- une **nécrose du noyau épiphysaire** : densification puis fragmentation ;
- une conservation des cellules cartilagineuses périphériques, permettant la **reconstruction de la tête fémorale**.

Cette pathologie atteint les enfants entre 4 et 8 ans, préférentiellement les garçons.

1.3.2 Imagerie

Elle pose le **diagnostic positif** et permet le **suivi**.

Modalités

Radiographie conventionnelle

C'est l'examen **de première intention** devant une douleur de hanche chez l'enfant, mais les radiographies initialement normales. On réalise les incidences suivantes :
- bassin de face ;
- hanche de profil (incidence de Lauenstein : décubitus dorsal, cuisse fléchie en abduction et rotation latérale).

Scintigraphie osseuse

Elle est réalisée **en deuxième intention**, en cas de radiographie normale et de suspicion diagnostique forte car elle est précocement positive.

IRM de hanche

C'est un examen **de deuxième intention**, en cas de radiographie normale, également plus précocement positive que cette dernière, avec en plus un intérêt pronostique (étendue de la nécrose) et la possibilité de rechercher des diagnostics différentiels. Il existe cependant des faux négatifs au stade précoce.

Signes positifs

Radiographie conventionnelle

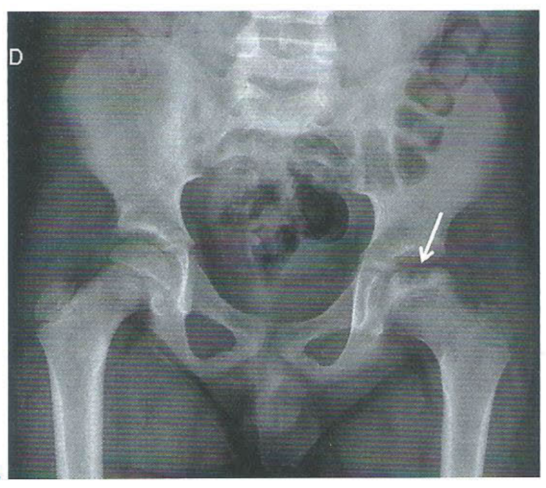
Elle est initialement normale, puis elle évolue selon différents stades radiologiques (sur une période longue de deux à quatre ans) :
- noyau épiphysaire apparaissant **plus petit** que le côté controlatéral ;
- **décollement sous-chondral** (image en « coup d'ongle » : ligne claire doublant le contour céphalique, visible surtout de profil) ;
- **densification** du noyau épiphysaire ;
- **fragmentation** du noyau épiphysaire ;
- **réossification** (reconstruction) ;
- **déformation** de la tête fémorale en **coxa plana** (aplatissement de la tête fémorale) avec risque de coxarthrose secondaire.

Scintigraphie

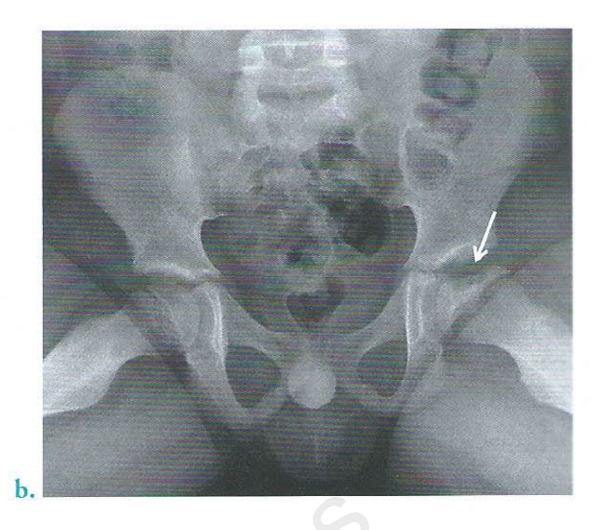
Hypofixation initiale, puis possible **hyperfixation** au stade de reconstruction.

IRM

Fracture sous-chondrale en **hyposignal T1 et T2**, secondairement **perte de la sphéricité** céphalique.



a.



b.

Figure 297 - Ostéochondrite primitive de la hanche
a. radiographie du bassin de face ; b. radiographie des hanches de profil (incidence de Lauenstein, même patient que a). Aspect condensé et fragmenté du noyau fémoral supérieur gauche (flèches), avec perte de sphéricité.

1.4 Épiphysiolyse fémorale supérieure

1.4.1 Physiopathologie

Elle est secondaire à une **diminution de résistance du cartilage de conjugaison** (elle-même due à une radiothérapie, une corticothérapie, une insuffisance thyroïdienne) et/ou des **contraintes mécaniques importantes** (activité physique intense, obésité) :

- **fragilisation de l'épiphyse fémorale** ;
- **glissement** aigu ou progressif **de la tête fémorale** en dedans et en arrière ;
- évolution secondaire vers la **fusion**, avec **déformation** en **coxa vara** et/ou **rétrorsa**.

L'épiphysiolyse de hanche atteint les enfants en période de croissance prépubertaire et péripubertaire (entre 10 et 13 ans chez les filles, 12 et 15 ans chez le garçon). L'atteinte est bilatérale dans un tiers des cas.

1.4.2 Imagerie

Elle est la clé du **diagnostic positif** et de la **surveillance**. Elle a également un rôle **pronostique**.

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**. On réalise les incidences suivantes :

- bassin de face ;
- hanche de profil (incidence de Lauenstein) : plus sensible que la radiographie de face, fondamentale pour le diagnostic précoce.

Échographie, TDM, IRM de hanche

Examens **d'indication spécialisée**, dont la place reste à définir.

Scintigraphie osseuse

Permet de **rechercher une nécrose épiphysaire** avant d'entreprendre un traitement chirurgical.

Signes positifs

Glissement du noyau épiphysaire

- Incidence de face : la **ligne de Klein** *(voir figure 298)* **ne coupe plus la partie supérolatérale de l'épiphyse**. Ce signe est **tardif** car le glissement est postérieur avant d'être médial.
- Incidence de profil : **glissement postérieur** devant être quantifié (signe plus précoce).

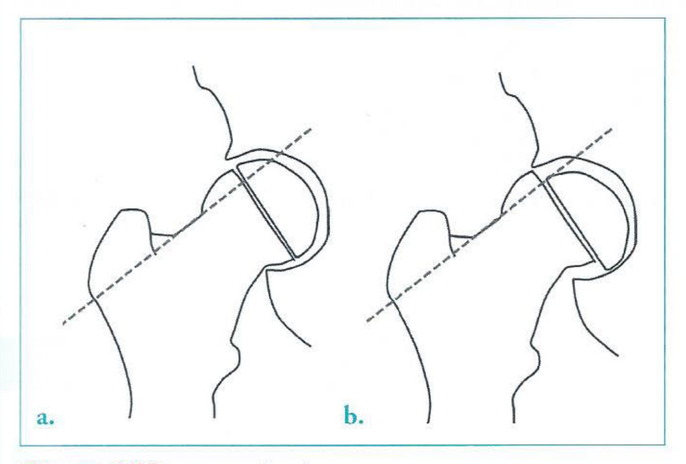
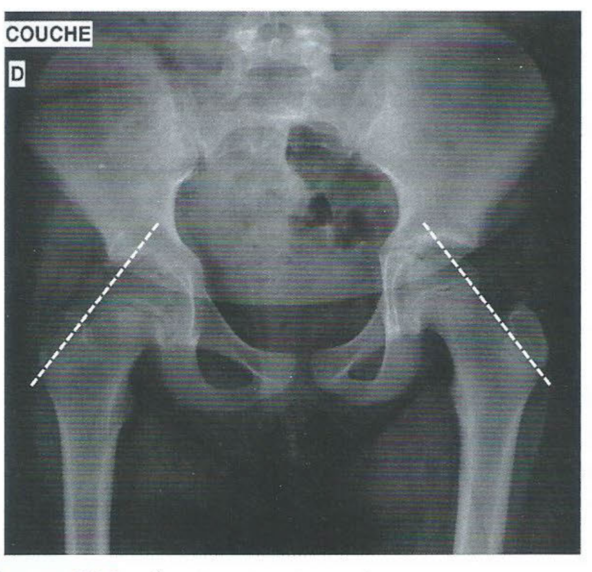


Figure 298 - Ligne de Klein
a. hanche de face normale : ligne de Klein en pointillé (tangente au bord supérieur du col fémoral), coupant le bord supérolatéral du noyau épiphysaire ; b. hanche de face avec épiphysiolyse : la ligne de Klein ne coupe plus le noyau épiphysaire.

Cartilage de conjugaison élargi et irrégulier

Complications

Bilatéralisation, **nécrose épiphysaire**, **déformation** en coxa vara/retrorsa, **coxarthrose** secondaire.



a.

b.

Figure 299 - Épiphysiolyse fémorale supérieure
a. radiographie du bassin de face. Glissement médial du noyau épiphysaire fémoral droit : la ligne de Klein ne coupe plus la partie supérolatérale du noyau *(voir par rapport au côté gauche)* ; b. radiographie de hanche droite de profil. Glissement postérieur du noyau épiphysaire : retrait du bord antérieur de l'épiphyse (flèche pointillée) par rapport au bord antérieur du col fémoral (flèche pleine).

1.5 Synovite aiguë transitoire de la hanche

1.5.1 Physiopathologie

Il s'agit d'une **arthrite réactionnelle** de la hanche (non septique), secondaire à un épisode infectieux récent. L'épanchement intra-articulaire de faible abondance est responsable d'une douleur et d'une boiterie de résolution spontanée sans séquelle.
Il n'y a **pas d'atteinte osseuse** ou **cartilagineuse.** Elle touche les enfants de 2 à 9 ans.

1.5.2 Imagerie

Elle permet d'apporter des éléments pour le **diagnostic positif**, et d'**éliminer une atteinte osseuse** ou **cartilagineuse**.

Modalités

Radiographie conventionnelle

Examen **de première intention**, réalisé selon les incidences suivantes :
- bassin de face ;
- hanche de profil (incidence de Lauenstein).

Échographie de hanche

Examen non irradiant, il doit être **facilement réalisé** en cas de doute diagnostique.

Scintigraphie osseuse

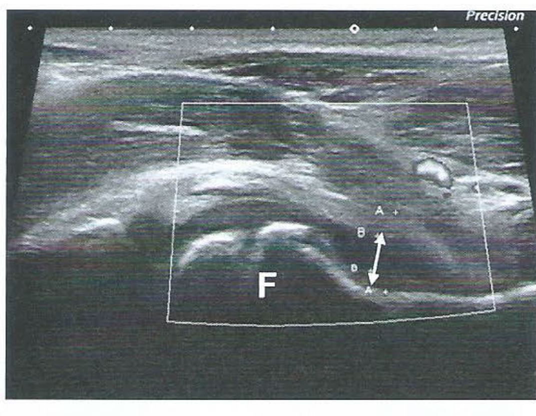
Examen **de deuxième intention**, en l'absence d'amélioration clinique ou en cas de formes récidivantes, afin d'éliminer une ostéochondrite primitive de hanche (nécrose épiphysaire).

Signes positifs

- Radiographie : normale dans 50 % des cas. **Signes indirects d'épanchement intra-articulaire** : élargissement de l'interligne articulaire, refoulement des lignes graisseuses (s'aider du côté controlatéral sur la radiographie de bassin).
- Échographie : visibilité directe de l'**épanchement intra-articulaire anéchogène**, hypervascularisation Doppler de la synoviale.
- Scintigraphie : **hyperfixation** de la tête fémorale.

IMPORTANT
Diagnostic différentiel avec l'ostéochondrite primitive de hanche

Il faut réaliser impérativement des clichés du bassin de face à la sixième semaine d'évolution afin d'éliminer une ostéochondrite débutante (dont le traitement est différent)

a. 

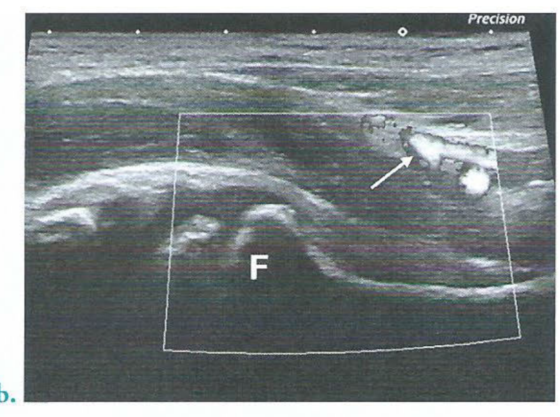
b. 

Figure 300 - Synovite aiguë transitoire de la hanche
Échographie de hanche. « F » : fémur. **a.** épanchement hypoéchogène (double flèche) ; **b.** hypervascularisation synoviale en Doppler (flèche).

2 Fractures de l'enfant

2.1 Généralités

Les fractures de l'enfant sont **très fréquentes** (motif courant de consultation en urgence).
Les particularités des fractures chez l'enfant s'expliquent par les propriétés spécifiques de l'os en croissance :

- **périoste épais** (assurant la croissance en largeur de l'os) et **déformable** ;
- **cartilage de conjugaison non ossifié**, donc peu résistant aux tractions et torsion, et non radio-opaque : les fractures intéressant le cartilage de croissance peuvent facilement passer inaperçues ;
- **tissu osseux plus fragile que chez l'adulte** (plus riche en eau) et de moindre résistance que les capsules articulaires.

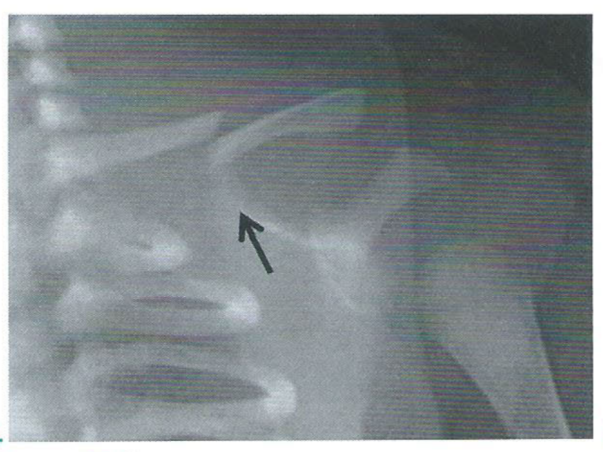
Il existe également des évolutions postfracturaires spécifiques :

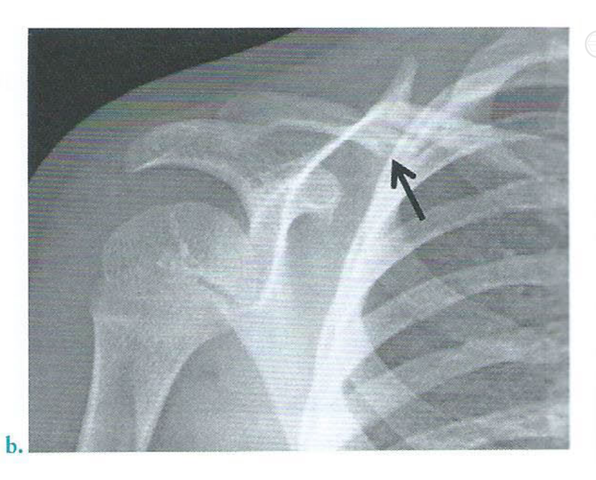
- **grande capacité de remodelage osseux** postfracturaire : tolérance d'une angulation et ou d'une translation du foyer de fracture ;
- **consolidation plus rapide** que chez l'adulte, et croissance postfracturaire ;
- **risque d'épiphysiodèse** post-traumatique : pour les fractures épiphysaires. Il s'agit de l'ossification précoce du cartilage de croissance, pouvant être responsable d'une déviation angulaire ou d'une inégalité de longueur des membres inférieurs. Ce risque sous tend la nécessité de diagnostiquer et traiter ces fractures épiphysaires.

Comme chez l'adulte, les suspicions de fractures s'explorent par **deux incidences orthogonales** (face et profil), incluant pour les os longs les **articulations sus- ou sous-jacentes**.
Les fractures les plus courantes sont celles du **poignet**, du **fémur** et du **tibia**, du **coude** et de la **clavicule**.

IMPORTANT
Syndrome de Silverman

C'est un syndrome radiologique qui s'observe dans les cas de maltraitance d'enfants. Il correspond à la présence de multiples fractures d'âges différents (décollements épiphysaires, arrachements métaphysaires, fractures diaphysaires et appositions périostées traduisant des traumatismes plus anciens).
Il doit être recherché en particulier en présence d'une fracture survenue avant l'âge de la marche.





a. b.

Figure 301 - Fractures de clavicule chez l'enfant

a. radiographie de l'épaule gauche chez un nouveau-né : fracture du tiers moyen de la clavicule (flèche) avec ascension du fragment proximal (traumatisme obstétrical) ; b. radiographie de l'épaule droite chez un enfant plus âgé : fracture du tiers moyen de la clavicule (flèche) avec chevauchement des fragments.

2.2 Fractures diaphysaires

2.2.1 Fractures non spécifiques

On retrouve les fractures diaphysaires similaires à celle de l'adulte.
Les localisations fréquentes sont le tibia, le fémur et les os de l'avant-bras.
Il existe par ailleurs trois autres types de fractures diaphysaires spécifiques à l'enfant.

2.2.2 Fracture en bois vert

Physiopathologie

Elle correspond à la **rupture d'une seule corticale** (du côté opposé à un point de pression) avec rupture périostée en regard, la corticale de l'autre côté restant **intacte** (mais déformée), grâce à la solidité du périoste.
Les sites préférentiels sont les os de **l'avant-bras** et la **clavicule**.

Imagerie

L'imagerie montre un **décroché cortical unilatéral**, une corticale controlatérale étant déformé mais non fracturée *(figure 302)*.

a. b.

Figure 302 - Fracture en bois vert

Radiographie du poignet gauche de face (a.) et de trois quarts (b.). Fracture du quart distal de l'ulna en bois vert (flèche pleine) : rupture d'une seule corticale. Association à une fracture du quart distal du radius (flèche pointillée).

2.2.3 Arcuature (incurvation)

Physiopathologie

C'est une **déformation plastique** s'étendant sur toute la longueur de l'os **sans fracture ni rupture périostée**, secondaire à une contrainte en compression. La correction est spontanée sans réduction. Elle concerne essentiellement l'**ulna** et la **fibula**.

Imagerie

Elle révèle une **courbure plastique** intéressant toute la longueur de l'os **sans discontinuité corticale**. On l'associe fréquemment à une **fracture de l'os contigu** (déformation plastique de l'ulna et fracture diaphysaire du radius).

2.2.4 Fracture sous-périostée

C'est une fracture **incomplète**, avec **intégrité du périoste**.
Les radiographie peuvent être **initialement normales** (ou visualisation d'une fracture en « cheveu » : trait de fracture spiroïde n'intéressant pas les corticales), avec **apparition secondaire** d'un **cal osseux** traduisant l'existence d'une fracture.
Elle concerne surtout la **moitié inférieure du tibia**.

2.3 Fractures métaphysaires

2.3.1 Fractures non spécifiques

La plupart des fractures métaphysaires ne sont pas spécifiques à l'enfant.
Elles intéressent principalement l'**humérus** et l'**extrémité distale des os de l'avant-bras**.

2.3.2 Fracture en motte de beurre

Physiopathologie

C'est une **fracture-tassement métaphysaire par impaction** de la diaphyse dans la métaphyse, secondaire à une compression verticale diaphysaire.
Elle intéresse essentiellement le **quart distal du radius**.

Imagerie

Elle révèle une **condensation linéaire** plus ou moins bien visible en regard d'une **soufflure de la corticale**.

Figure 303 - Fracture en motte de beurre
Radiographies du poignet gauche de face (**a.**) et de profil (**b.**) : fracture en motte de beurre du quart distal du radius : soufflure de la corticale (flèches).

2.4 Fractures-décollements épiphysaires

Elles sont **particulières** chez l'enfant puisqu'elles intéressent le **cartilage de conjugaison.**
La classification de Salter et Harris est la plus utilisée pour décrire ces fractures. Plus le stade est avancé, **plus le pronostic fonctionnel est grave**.
Les clichés comparatifs peuvent être utiles en cas de doute diagnostique (décollement épiphysaire, écrasement du cartilage de conjugaison...).

Classification de Salter et Harris des fractures-décollements épiphysaires

Type	Description
I	Décollement épiphysaire sans fracture
II	Décollement épiphysaire partiel avec trait de fracture métaphysaire
III	Décollement épiphysaire partiel avec trait de fracture épiphysaire, intéressant l'articulation
IV	Fracture articulaire épiphyso-métaphysaire sans décollement épiphysaire
V	Écrasement du cartilage de croissance

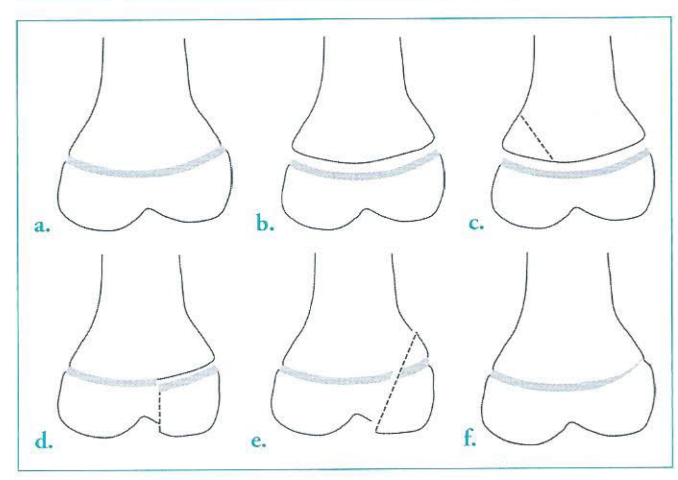


Figure 304 - Classification de Salter et Harris
a. schématisation d'une épiphyse normale (en gris : cartilage de conjugaison) ; **b.** Salter I ; **c.** Salter II ; **d.** Salter III ; **e.** Salter IV ; **f.** Salter V.

Sous-partie 6

Urologie, néphrologie

Dans cette sous-partie sauf mention contraire, les images TDM présentées sont en fenêtre abdominale.

Chapitre 23
Pathologie réno-vésicale

Item n° 157. Infections urinaires de l'enfant et de l'adulte	***Item n° 263.*** Polykystose rénale
Item n° 255. Élévation de la créatininémie	***Item n° 267.*** Douleurs abdominales et lombaires aiguës chez l'enfant et chez l'adulte
Item n° 261. Insuffisance rénale chronique chez l'adulte et chez l'enfant	***Item n° 308.*** Tumeurs du rein
Item n° 262. Lithiase urinaire	***Item n° 311.*** Tumeurs de la vessie
	Item n° 343. Insuffisance rénale aiguë - Anurie

1 Pathologie lithiasique

1.1 Physiopathologie

La **formation des calculs urinaires** (de nature oxalocalcique le plus souvent, mais également phosphocalcique, urique, infectieuse ou médicamenteuse) dans le fond d'un calice, est favorisée **par des facteurs alimentaires**, **génétiques** et/ou **anatomiques**.

En cas de **migration** dans les voies excrétrices urinaires, il se produit une **mise en tension brutale des voies excrétrices et de la capsule rénale** en réponse à l'obstacle lithiasique, avec **apparition d'une douleur lombaire** et d'une **dilatation des voies urinaires**.

Il faut savoir que la dilatation des cavités pyélocalicielles **se constitue avec retard** par rapport à la douleur, elle peut donc ne pas être vue sur une imagerie réalisée précocement. La voie excrétrice peut se rompre, à la jonction calice-voie excrétrice : il s'agit d'une **rupture de fornix**. Dans ce cas, la douleur cède brutalement puisque la mise en tension disparaît.

1.2 Imagerie

Elle **confirme le diagnostic** suspecté cliniquement et recherche **d'autres calculs** de l'arbre urinaire, ainsi que des **complications**.

1.2.1 Modalités

ASP

C'est l'examen habituellement **de première intention**. Il faut connaître ses limites.

IMPORTANT

Faux positifs et faux négatifs de l'ASP pour la détection des calculs urinaires

- Faux positifs : autres opacités calciques d'origine non urinaire pouvant prêter à confusion, comme les calcifications pancréatiques, aortiques, les calculs biliaires, les phlébolites pelviens.
- Faux négatifs : calculs radiotransparents (uriques et cystinuriques).

Échographie rénale et vésicale

Elle est réalisée **couplée à l'ASP**, **en première intention**. Elle fait le diagnostic de dilatation des voies urinaires. Ses performances pour la mise en évidence d'une lithiase sont inférieures à celles de la TDM (notamment pour les lithiases urétérales).

TDM abdomino-pelvienne

Elle est pratiquée **si les renseignements apportés par l'échographie et l'ASP sont incomplets**, par exemple en cas de mise en évidence d'une dilatation des cavités pyélocalicielles sans localisation de l'obstacle. Elle est parfois utilisée en 1re intention. En effet, la sensibilité de la TDM pour la détection des calculs est proche de 100 % (seuls les calculs médicamenteux ne sont pas visibles) ; la TDM sera toujours réalisée sans injection en première intention. En cas de doute sur une lésion parenchymateuse rénale (abcès par exemple), on pourra réaliser une seconde acquisition avec injection de produit de contraste.

Urographie intraveineuse

Elle **n'est plus pratiquée** en urgence depuis l'avènement de la TDM. Elle est également remplacée par l'uro-TDM dans la recherche d'une anomalie anatomique pouvant favoriser des lithiases à répétions.

Uro-IRM

C'est **un examen de deuxième intention**, pour l'étude des voies excrétrices en cas de contre-indication à l'injection de produit de contraste iodé, ou chez la femme enceinte.

1.2.2 Signes positifs

Présence d'un calcul de l'arbre urinaire

Opacité de tonalité calcique se projetant sur les voies excrétrices (ASP et TDM), formation **hyperéchogène** avec **cône d'ombre postérieur** (échographie). Lorsque le calcul est de grande taille et ramifié dans les cavités pyélocalicielles, on parle de **calcul coralliforme**. Dans tous les cas, il faut préciser la **localisation du calcul** : pyélique, urétéral, vésical, et **sa taille** (conditionnant la probabilité d'évacuation spontanée).

Dilatation des cavités pyélocalicielles (échographie et TDM)

Augmentation de diamètre des calices, du pyélon (limite souvent placée à 10 mm d'axe antéropostérieur), de l'uretère en amont du calcul.

1.2.3 Complications

Rupture de fornix

Épanchement périrénal (échographie et TDM), **densification** de la graisse périrénale (TDM).

Pyélonéphrite et abcès

En cas d'évolution prolongée *(voir « Pathologie infectieuse » ci-dessous).*

1.2.4 Signes associés

Rechercher **d'autres localisations de calculs** de l'arbre urinaire.

Figure 293 - Pathologie lithiasique

a. ASP de face. Opacité bien limitée en projection du pyélon droit (flèche blanche) : calcul du rein droit. Les flèches noires montrent des phlébolites pelviens, multiples, de forme arrondie, à ne pas confondre avec des lithiases ; b. TDM abdomino-pelvienne sans injection de produit de contraste en reconstruction coronale, fenêtre osseuse : formation spontanément hyperdense moulant les cavités pyélocalicielles droites (flèche) : calcul coralliforme du rein droit ; c. échographie rénale, coupe sagittale du rein droit, cavités pyélocalicielles normales ; d. échographie rénale, coupe sagittale du rein droit, dilatations calicielles (flèche pointillée) et pyélique (flèche pleine) ; e. TDM abdomino-pelvienne sans injection de produit de contraste en coupe axiale : dilatation pyélique droite (flèche double, comparer au côté gauche) ; f. TDM abdomino-pelvienne sans injection de produit de contraste en coupe axiale (même patient que e) : formation spontanément hyperdense dans l'uretère droit (flèche), correspondant à une lithiase de l'uretère pelvien, responsable de la dilatation d'amont.

2 Pathologie infectieuse : pyélonéphrite et ses complications

2.1 Physiopathologie

La pyélonéphrite est secondaire à une **contamination rétrograde ascendante** à partir du bas appareil urinaire (plus rarement par une bactériémie) responsable :
- d'une **infection de l'épithélium pyélocaliciel** et du **parenchyme rénal** ;
- en l'absence de traitement, d'un risque de constitution d'un **abcès**, d'un **phlegmon périnéphritique** ou d'une **pyonéphrose** (destruction purulente du rein en amont d'un obstacle).

La présence d'un **obstacle** sur les voies urinaires peut être un **facteur favorisant** (calcul, tumeur...)
La **pyélonéphrite emphysémateuse** est une forme **grave** de pyélonéphrite nécrosante qui survient dans la grande majorité des cas chez le patient diabétique, liée au développement de bactéries gazogènes non anaérobies. Elle est caractérisée par la **présence d'air** au sein du parenchyme rénal, des cavités excrétrices et des espaces périrénaux.

2.2 Imagerie

Le diagnostic est habituellement **clinique** et **bactériologique** (ECBU). L'imagerie est utilisée pour la recherche de **complications**.

2.2.1 Modalités

ASP

Il est indiqué **à la recherche d'un calcul** en cas de dilatation des cavités pyélocalicielles à l'échographie.

Échographie rénale et vésicale

Elle est **indiquée** au mieux **dans les 24 heures** suivant le diagnostic, afin d'éliminer une dilatation des cavités pyélocalicielles (pyélonéphrite sur obstacle) nécessitant un traitement urgent (néphrostomie). Elle recherche également des complications (mais qui sont d'apparition secondaire le plus souvent).

TDM abdomino-pelvienne

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste en l'absence de contre-indication mais **n'est pas un examen de première intention**. Elle est indiquée uniquement pour la recherche de complications (persistance ou aggravation de la fièvre après trois jours de traitement), ou en cas de doute diagnostique.

2.2.2 Signes positifs

- **Augmentation de volume** du rein.
- **Épaississement des parois pyéliques** (échographie).
- **Prise de contraste pyélique** (TDM).
- **Foyers de néphrite** : plage triangulaire à base corticale hypo-échogène hypoperfusée en doppler (échographie), ne prenant pas le contraste (TDM).

2.2.3 Complications

Abcès rénal

Formation arrondie **anéchogène** ou **hypo-échogène** (échographie), **hypodense** (TDM) intraparenchymateuse, à **paroi épaisse**, **prenant le contraste** en périphérie (TDM).

Phlegmon périnéphritique

Collection périrénale, contenue dans le fascia périrénal.

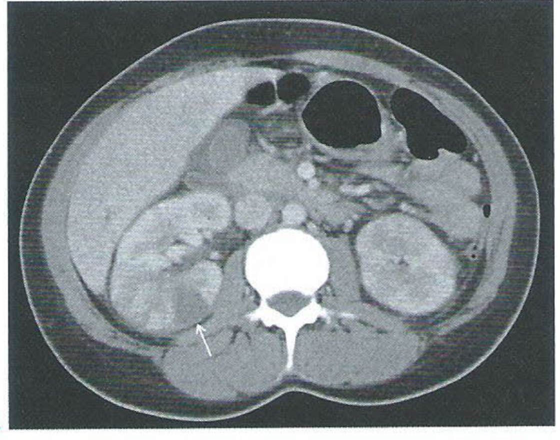
Pyonéphrose

Dilatation des cavités pyélocalicielles à contenu échogène en échographie, **rein hypertrophié** avec plages parenchymateuses hypoéchogènes **hypoperfusées** en doppler (échographie), **ne prenant pas le contraste** (TDM), **épanchement** périrénal. La cause de la dilatation est en général **lithiasique** (calculs unique ou multiples).

Pyélonéphrite emphysémateuse

Clartés aériques au sein du parenchyme, des cavités excrétrices, ou dans les espaces périrénaux (TDM).

> **Pour aller plus loin**
>
> ***Séquelles de pyélonéphrite***
>
> À distance, des séquelles de pyélonéphrite peuvent apparaître sous la forme d'encoches corticales.


a.

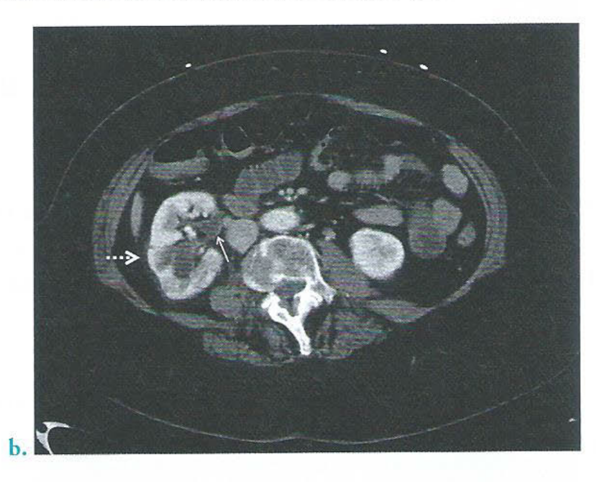
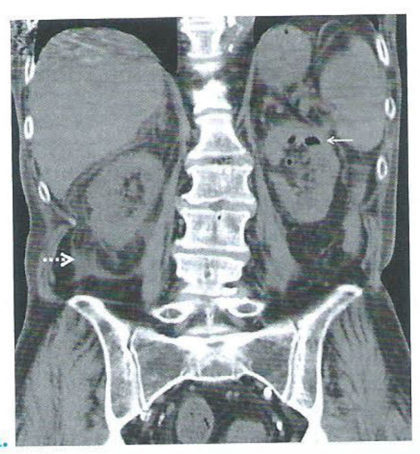

b.

Figure 305 - Pyélonéphrite et ses complications

a. TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste en coupe axiale. Défaut de prise de contraste du parenchyme rénal droit (flèche) de forme triangulaire à base corticale : foyer de néphrite dans le cadre d'une pyélonéphrite aiguë droite ; b. TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste en coupe axiale. Densification de la graisse périrénale (flèche pointillée), et prise de contraste pyélique (flèche pleine) à droite : pyélonéphrite aiguë droite.


a.

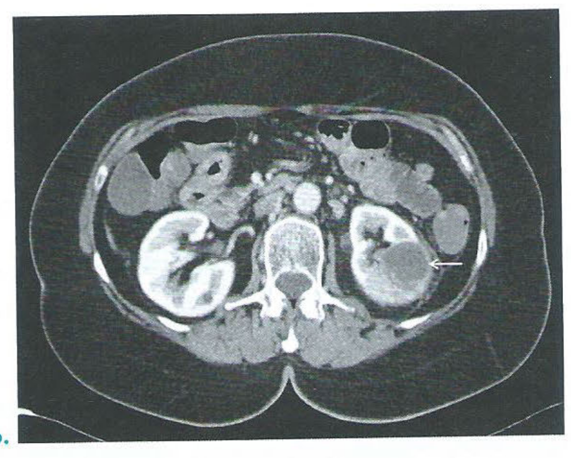

b.

Figure 306 - Pyélonéphrite et ses complications
a. TDM abdomino-pelvienne sans injection en reconstruction coronale. Densification bilatérale de la graisse périrénale (flèche pointillée) et présence de clartés aériques au sein du parenchyme rénal gauche (flèche pleine) : pyélonéphrite emphysémateuse bilatérale ; **b.** TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste en coupe axiale. Formation arrondie homogène hypodense du rein gauche (flèche) à paroi rehaussée et défaut de prise de contraste du parenchyme rénal adjacent : abcès rénal compliquant une pyélonéphrite aiguë gauche.

3 Insuffisance rénale

3.1 Insuffisance rénale aiguë organique

3.1.1 Physiopathologie

Si l'on élimine l'insuffisance rénale fonctionnelle, les mécanismes d'insuffisance rénale aiguë sont :

- **l'atteinte du parenchyme rénal** ; c'est le cas largement le plus fréquent ; dans ce cas l'imagerie n'a pas de rôle particulier ;
- **l'obstruction des voies urinaires** ;
- **l'obstruction des vaisseaux rénaux** : artères ou veines rénales.

Pour ces deux derniers mécanismes, l'atteinte doit être **bilatérale** ou unilatéral sur un rein anatomiquement ou fonctionnellement unique.
Ils doivent être identifiés **en urgence** devant une insuffisance rénale aiguë afin de proposer un traitement spécifique avant l'apparition de lésions rénales irréversibles.

3.1.2 Imagerie

Le diagnostic d'insuffisance rénale est fait bien sûr **biologiquement**.
L'imagerie sert à éliminer une **étiologie obstructive** ou **vasculaire** qui nécessiterait une prise en charge thérapeutique spécifique.

Modalités

ASP

Il est indiqué à la **recherche d'un calcul** en cas de dilatation des cavités pyélocalicielles à l'échographie.

Échographie rénale et vésicale

L'examen est indiqué **en première intention** devant une insuffisance rénale aiguë, avec étude doppler.

TDM abdomino-pelvienne

Elle est indiquée **en deuxième intention** en cas de dilatation des cavités pyélocalicielles sans étiologie retrouvée. L'examen sera réalisé sans injection d'iode en raison de l'insuffisance rénale.

Angiographie aortique

Elle est indiquée **dans les insuffisances rénales vasculaires** pour le diagnostique étiologique et le traitement.

Signes positifs et étiologiques de l'insuffisance rénale aiguë obstructive et vasculaire

	Insuffisance rénale obstructive	Insuffisance rénale d'origine vasculaire	
		Artérielle	Veineuse (très rare chez l'adulte)
Signes positifs	▸ **Dilatation des cavités pyélocalicielles** bilatérale ou unilatérale sur rein unique (anatomique ou fonctionnel) : pyélon > à 10 mm d'axe antéropostérieur, dilatation des tiges calicielles ± dilatation urétérale ▸ Reins fréquemment augmentés de taille	▸ Reins de **taille normale**, sans dilatation des cavités pyélocalicielles ▸ **Absence de signal doppler artériel** dans le parenchyme rénal	▸ Reins **augmentés de taille**, hypo-échogènes ▸ **Absence de signal doppler veineux** dans le parenchyme, absence d'identification de la veine rénale ▸ Signal doppler artériel normal
Signes étiologiques	▸ **Calcul** unilatéral sur rein unique (exceptionnellement calculs bilatéraux) ▸ **Masse tumorale** d'origine prostatique, utérine, vésicale, rectale ou ovarienne envahissant les uretères ▸ **Fibrose rétropéritonéale** : engainement fibreux des uretères	**Dissection, thrombose** ou **embolie** de l'artère rénale, difficiles à diagnostiquer en échographie, mieux vues en artériographie	**Thrombose** (cruorique ou néoplasique)

3.2 Insuffisance rénale chronique

3.2.1 Physiopathologie

Sous l'effet de **facteurs immunologiques**, de **surcharge**, **vasculaires**, **interstitiels**, se produit :

- une **destruction progressive des glomérules** et une **fibrose interstitielle** ;
- avec **atrophie** par perte de l'architecture rénale.

Les conséquences rénales sont une dégradation de la filtration glomérulaire (conséquence sur le métabolisme de l'urée) mais aussi une altération de ses fonctions endocrines (du système rénine-angiotensine, du métabolisme de la vitamine D, de la production d'érythropoéïtine).

3.2.2 Imagerie

Le rôle de l'imagerie dans l'insuffisance rénale chronique peut être double :

- pour le **diagnostic du caractère chronique** de l'insuffisance rénale, en l'absence d'anamnèse suffisante ;
- pour son **diagnostic étiologique**, afin de pouvoir éventuellement limiter l'aggravation des lésions.

Modalités

ASP

Il permet la **recherche de calculs** des voies urinaires en cas d'origine obstructive.

IMPORTANT
Évaluation de la taille des reins à l'ASP

L'évaluation de la taille des reins par la mesure des ombres rénales à l'ASP est une méthode imprécise, à laquelle il faut préférer la mesure échographique.

Échographie rénale et vésicale

L'examen est **de première intention** devant la découverte d'une insuffisance rénale, pour étayer le diagnostic de chronicité, et aider, dans certains cas, au diagnostic étiologique.

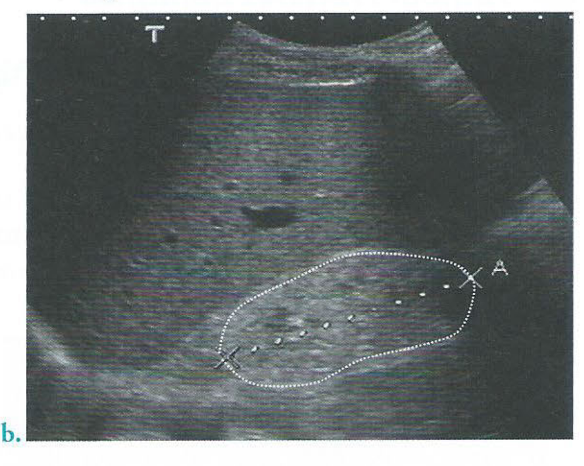
Angiographie aortique et échographie-doppler des artères rénales, angio-TDM, angio-IRM des artères rénales

Indiqué **en deuxième intention** en cas de suspicion d'étiologie vasculaire (sténose des artères rénales). L'injection de produits de contraste étant problématique dans cette population, il faudra privilégier l'échographie-doppler. L'artériographie ne sera réalisée que si un geste de revascularisation est envisagé.

Signes positifs

- **Reins de petite taille**, en général inférieur à 90 mm (absence de valeur seuil stricte, variable en fonction du morphotype du patient).
- **Diminution de l'épaisseur corticale** (signe le plus sensible).
- **Différenciation corticosinusale** typiquement **diminuée**, parfois normale.

a.



b.

Figure 307 - Échographies du rein droit en coupes sagittales
a. rein normal ; **b.** rein de petite taille (grand axe égal à 80 mm), hyperéchogène, avec dédifférenciation cortico-médullaire. Les contours (pointillés) sont difficiles à distinguer. Le patient est insuffisant rénal chronique, dialysé.

Signes étiologiques

Signes radiologiques	Étiologies à évoquer
Dilatation bilatérale des cavités pyélocalicielles ou sur rein unique en amont de calculs, d'une tumeur pelvienne, d'une hypertrophie prostatique…	Origine obstructive
Reins de taille normale malgré une insuffisance rénale chronique avérée	‣ Amylose ‣ Diabète ‣ Hydronéphrose chronique
Reins de grande taille, siège de multiples kystes de taille variable	Polykystose rénale
Reins atrophiques de contours réguliers	‣ Étiologie glomérulaire ‣ Étiologie vasculaire parenchymateuse
Reins atrophiques de contours bosselés	Étiologie tubulo-interstitielle
Asymétrie de taille des reins	Étiologie réno-vasculaire (sténose de l'artère du côté atrophique)

Pour aller plus loin

Hypertrophie compensatrice

En cas de destruction d'un rein (ou de néphrectomie), le rein anatomiquement ou fonctionnellement unique développe une hypertrophie compensatrice, de mécanisme mal connu, afin de pouvoir assumer seul la fonction rénale. Ce phénomène se produit surtout chez l'enfant et le sujet jeune, plus rarement chez le sujet âgé. La traduction en imagerie est un rein de grande taille (plus de 130 à 140 mm de grand axe).

4 Pathologie tumorale

4.1 Tumeurs rénales bénignes

4.1.1 Kyste rénal bénin non compliqué (simple)

Anatomopathologie et épidémiologie

La pathogénie est mal connue. Le kyste rénal simple est constitué d'une **fine paroi épithéliale** et d'un **contenu séreux**. Il est le plus souvent **cortical**, parfois médullaire. Sa prévalence augmente avec l'âge (50 % après 50 ans). Il est fréquemment bilatéral. Dans la grande majorité des cas, il est asymptomatique et de **découverte fortuite**.

Imagerie

Le kyste simple est de **découverte fortuite** dans la grande majorité des cas, au cours d'un examen pratiqué pour d'autres raisons. Il n'y a pas lieu de les dépister.

Modalités

- **Échographie rénale** : **l'examen suffit** pour faire le diagnostic de kyste simple.
- **TDM abdomino-pelvienne** et **IRM rénale** font également le diagnostic de kyste simple. Elles peuvent être utilisées pour caractériser des **kystes atypiques**.

Signes positifs

	Échographie	TDM	IRM
Forme	Ronde ou ovoïde		
Contenu	Homogène, liquidien pur		
	Anéchogène avec renforcement postérieur	Densité entre -10 et 20 UH	Hyposignal T1 Hypersignal T2 intense
Paroi	Nette, fine sans végétation ni cloison	Non individualisable sans végétation ni cloison	Nette, fine sans végétation ni cloison
Rehaussement		Aucun	

Complications

- **Hémorragie intrakystique** : contenu **échogène** (échographie), **spontanément dense** (TDM), en **hypersignal T1** et **T2** (IRM). À distance, les parois kystiques peuvent se **calcifier**.
- **Infection de kyste** : épaississement régulier des parois du kyste, qui **prennent le contraste** (TDM, IRM), le contenu devenant plus **échogène** (échographie) ou plus **dense** (TDM). C'est un diagnostic différentiel de l'abcès rénal « primitif ».
- **Rupture kystique** : collection périrénale.

Pour aller plus loin

Classification de Bosniak

Certaines tumeurs rénales malignes se présentent sous une forme kystique.

La classification de Bosniak est une classification tomodensitométrique fréquemment employée pour les kystes rénaux, retrouvée dans les comptes rendus radiologiques. Son but est de distinguer les kystes simples (100 % de bénignité) des kystes « atypiques » potentiellement malins.

Elle comporte quatre stades. Le stade I correspond aux kystes simples décrits ci-dessus. Les autres stades distinguent différents degrés d'atypie, et la probabilité de lésion maligne croît avec le stade.

IMPORTANT

Polykystose rénale autosomique dominante (PKAD)

La PKAD est une maladie héréditaire due à une mutation d'une protéine de membrane (PKD1 dans 85 % des cas, PKD2 dans les cas restants) et qui évolue vers l'insuffisance rénale chronique avec de gros reins bilatéraux polykystiques.

Le diagnostic de polykystose rénale autosomique dominante de type I en cas de maladie kystique familiale repose sur les critères échographiques (dits de Ravine) suivants :

- deux kystes uni- ou bilatéraux chez un sujet de 15 à 29 ans ;
- ou deux kystes dans les deux reins chez un sujet entre 30 et 59 ans ;
- ou quatre kystes au moins dans chaque rein si sujet > 60 ans.

Les manifestations extrarénales de la PKAD comportent des kystes hépatiques (plus rarement spléniques ou pancréatiques), des anévrysmes intracrâniens, des valvulopathies (prolapsus de la valve mitrale), une diverticulose colique.

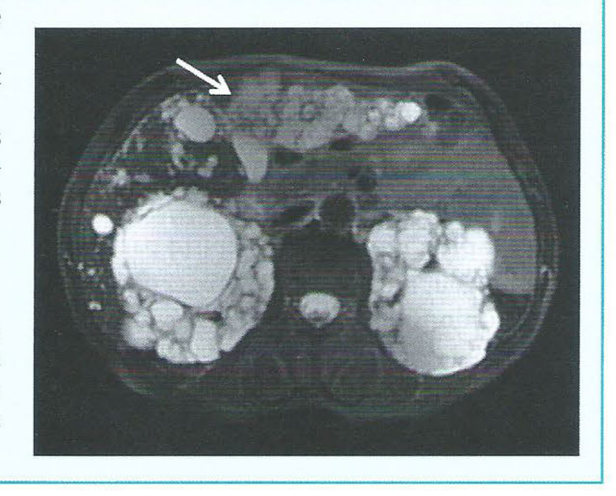
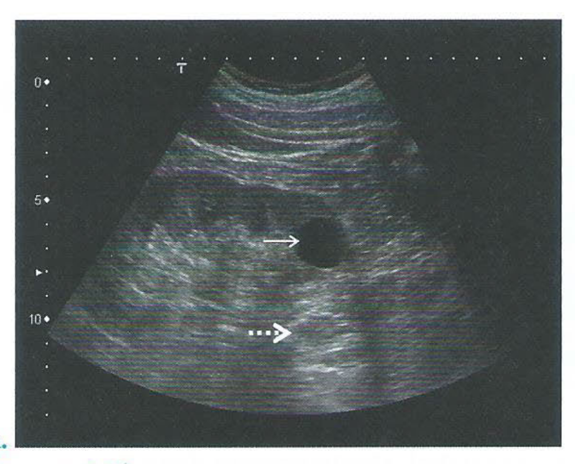
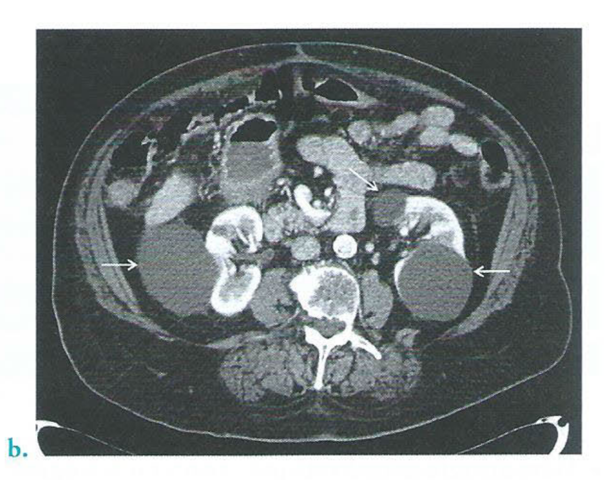


Figure 308 - Polykystose rénale

IRM abdominale, séquence T2 avec saturation de la graisse, coupe axiale. Multiples formations rénales arrondies en hypersignal intense correspondant à des kystes bilatéraux, effaçant le parenchyme rénal normal, associés à de nombreux kystes hépatiques (flèche) dans le cadre d'une PKAD.





a. b.

Figure 309 - Kystes rénaux simples
a. échographie rénale, coupe sagittale du rein droit. Formation corticale arrondie homogène anéchogène (flèche pleine) à paroi nette et fine, avec renforcement postérieur (flèche pointillée) correspondant à un kyste simple polaire inférieur droit ; **b.** TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste en coupe axiale. Formations corticales arrondies hypodenses homogènes, sans paroi, de taille variable, des deux reins (flèches) : kystes rénaux simples bilatéraux.

4.1.2 Angiomyolipome

Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit d'une tumeur bénigne constitué de trois contingents en pourcentage variable :
- **tissu vasculaire** ;
- **tissu musculaire** ;
- **tissu graisseux**.

C'est la seule tumeur rénale dont le **diagnostic peut être affirmé sur l'imagerie** TDM ou IRM, par la présence d'un contenu graisseux macroscopique. Malgré sa bénignité, elle est à l'origine d'une morbidité par son **risque hémorragique**, qui augmente avec la taille de la tumeur.
Il s'agit de la plus fréquente des tumeurs non épithéliales du rein.

> **Pour aller plus loin**
>
> ***Angiomyolipomes multiples***
>
> Ils sont retrouvés dans le cadre de la sclérose tubéreuse de Bourneville, maladie autosomique dominante du groupe des phacomatoses, qui associe des signes cutanés, cardiaques, cérébraux, rénaux, pulmonaires et oculaires.

Imagerie

L'angiomyolipome est en général de **découverte fortuite**. Le diagnostic peut être fait par TDM ou IRM.

Modalités

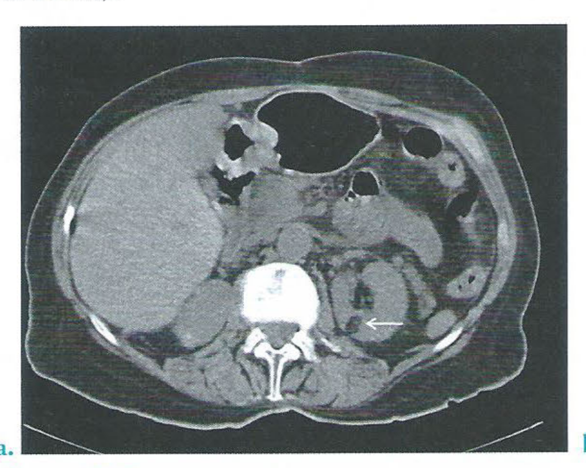
- **Échographie rénale** : elle dépiste parfois des lésions rénales dont les caractéristiques évoquent l'angiomyolipome, **insuffisantes** cependant au diagnostic de certitude.
- **TDM abdomino-pelvienne** : sans injection, elle **suffit au diagnostic**.
- **IRM rénale** : sans injection, elle **suffit** également **au diagnostic**.

Signes positifs

	Échographie	TDM	IRM
Morphologie	Lésion rénale bien limitée		
Contenu	Hyperéchogène	Au moins une portion de densité graisseuse (inférieure à – 20 UH)	Au moins une portion de signal graisseux : hypersignal T1, avec chute du signal sur les séquences de saturation de graisse

Complications

Hémorragie : épanchement périrénal, hémorétropéritoine (hyperdensité spontanée rétropéritonéale en TDM).


a.

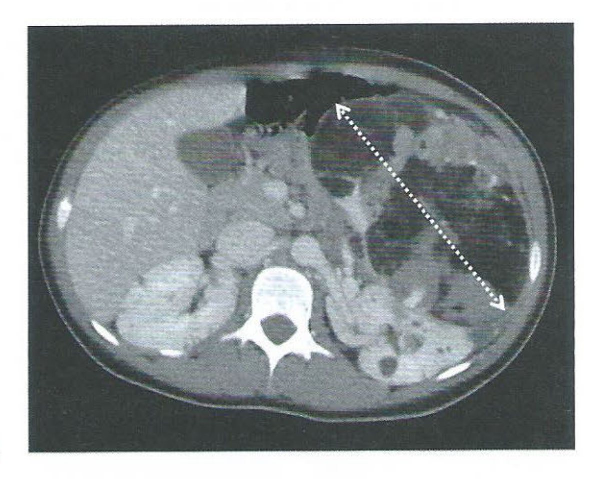

b.

Figure 310 - Angiomyolipomes
a. TDM abdomino-pelvienne sans injection, coupe axiale. Petite lésion ovoïde hypodense du rein gauche (flèche), de densité graisseuse : angiomyolipome rénal gauche ; **b.** TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste, coupe axiale. Formation de grande taille refoulant le parenchyme rénal gauche (double flèche), composée de différentes densités tissulaires, dominée par une hypodensité graisseuse. Noter les autres formations hypodenses de petite taille des parenchymes rénaux gauche et droit. Il s'agit d'angiomyolipomes multiples (dont un angiomyolipome géant du rein gauche) chez une patiente porteuse d'une sclérose tubéreuse de Bourneville.

Pour aller plus loin

Oncocytome

L'oncocytome est un autre type de tumeur bénigne du rein, mais, à la différence de l'angiomyolipome, aucune de ses caractéristiques d'imagerie (quoique évocatrices) ne permet de poser le diagnostic de certitude, qui sera uniquement histologique.

4.2 Cancer du rein

4.2.1 Anatomopathologie et épidémiologie

C'est la **troisième tumeur maligne urologique**, après les cancers de prostate et de vessie (sixième cause de cancer solide chez l'homme, neuvième chez la femme, les hommes étant deux à trois fois plus atteints). L'âge moyen au diagnostic est de 60 ans.
85 % des tumeurs malignes de l'adulte sont des **tumeurs épithéliales**, au premier rang desquelles on retrouve le **carcinome à cellules claires**. Les autres types histologiques sont plus rares (tumeurs tibulopapillaires, carcinome à cellules chromophobes, tumeur de Bellini, etc.)

L'extension tumorale se fait :
- **localement** : vers la **capsule rénale**, puis la **graisse périrénale**, les **surrénales**, la **veine rénale** puis la **veine cave** ;
- par **voie lymphatique** : relais ganglionnaires du **hile rénal**, homo- puis controlatéral, puis adénopathies à distance.

Les **lésions secondaires** sont le plus souvent **pulmonaires**, **osseuses**, **rénales controlatérales**, **cérébrales** et **cutanées**.

4.2.2 Imagerie

L'imagerie permet la **découverte fortuite** d'un certain nombre de tumeurs malignes du rein. Elle fait également le **bilan d'extension** avant traitement et réalise le **suivi**. Les prélèvements biopsiques, **guidés par l'imagerie**, sont parfois réalisés pour optimiser la prise en charge thérapeutique : tumeur inopérable, traitement ablatif local envisagé (radiofréquence, cryothérapie), tumeur sur rein unique ou tumeur de petit volume indéterminée en imagerie (pour éliminer une tumeur bénigne) notamment. Dans les autres cas, l'anatomopathologie ne sera confirmée qu'au cours de l'intervention chirurgicale.

Modalités

Échographie rénale

Elle permet la **découverte fortuite** d'une masse rénale de caractéristiques suspectes, à confirmer par TDM ou IRM.

TDM abdomino-pelvienne

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste, sur point d'appel clinique ou échographique, ou découvrant la lésion de manière fortuite. Elle **fait le diagnostic** de tumeur rénale probable et réalise le **bilan d'extension**.

TDM thoracique

Elle est réalisée **systématiquement** pour le bilan d'extension.

TDM cérébrale, scintigraphie osseuse

Elles sont réalisées sur **point d'appel** clinique ou en cas de **maladie métastatique**.

IRM rénale

Elle trouve son **intérêt après la TDM** pour le bilan des lésions de petite taille, pour les kystes atypiques et pour l'extension locale (envahissement veineux), ainsi qu'en cas de contre-indication à l'injection d'iode.

Signes positifs

- Lésion **tissulaire** de **taille variable**, développée aux dépens du rein, déformant ses contours.
- Contenu fréquemment **hétérogène** si la tumeur est de grande taille.
- Présence potentielle de **calcifications** (surtout vues en TDM) très évocatrices du diagnostic.
- Signal doppler **positif** (échographie) et **rehaussement** par le produit de contraste (TDM et IRM).

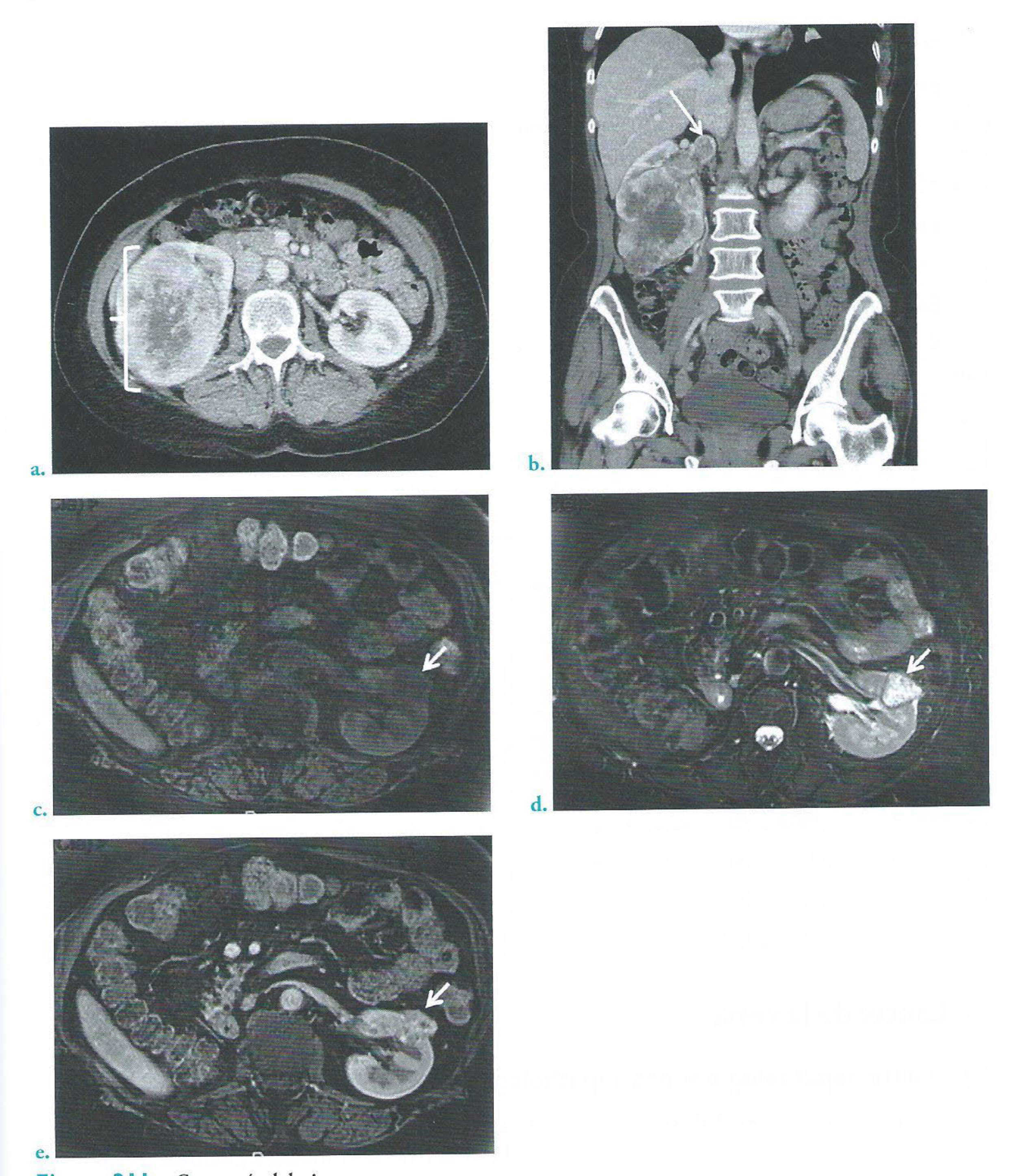


Figure 311 - Cancer rénal droit

a. et b. cancer rénal droit en TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste (même patient) ; a. coupe axiale. Masse hétérogène du rein droit (accolade), à centre nécrotique et prise de contraste périphérique. L'anatomopathologie confirmera un carcinome rénal à cellules claires ; b. reconstruction coronale. On retrouve la masse rénale droite. Hypodensité au sein de la veine rénale droite augmentée de calibre (flèche) : thrombose de la veine rénale droite ; c., d., e. cancer rénal gauche en IRM rénale, coupes axiales ; c. séquence T1 avec saturation de la graisse ; d. séquence T2 avec saturation de la graisse ; e. séquence T1 avec saturation de la graisse et injection de produit de contraste. Nodule rénal (flèche), en hyposignal T1, hypersignal T2 hétérogène, rehaussement hétérogène après injection de produit de contraste.

Extension

Extension locale et régionale

Extension extrarénale de la tumeur vers la **veine rénale** et la **veine cave inférieure** (recherche de thrombose : augmentation de calibre du vaisseau et défaut d'opacification vasculaire), la **loge rénale**, la **surrénale** (masse surrénalienne).

Extension ganglionnaire

Adénopathies du **hile** rénal homo- et controlatérales, **lombo-aortiques.**

Extension à distance

Nodules pulmonaires, **masse rénale** controlatérale, **lésions osseuses** lytiques ou condensantes, **lésions cérébrales** prenant le contraste.

Classification TNM (2009)

T	T1 : tumeur intraparenchymateuse de moins de 7 cm	T1a < 4 cm
		T1b > 4 cm
	T2 : tumeur intraparenchymateuse de plus de 7 cm	
	T3 : extension périrénale ne dépassant pas la loge rénale	T3a : extension à la graisse périrénale, ou la surrénale
		T3b : extension à la veine rénale ou cave sous-diaphragmatique
		T3c : extension à la veine cave inférieure sus-diaphragmatique
	T4 : extension régionale au-delà du fascia de Gérota (y compris surrénale homolatérale)	
N	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : envahissement ganglionnaire unique	
	N2 : envahissements ganglionnaires multiples	
M	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : métastase à distance	

4.3 Cancer de la vessie

4.3.1 Anatomopathologie et physiopathologie

C'est le **quatrième cancer solide en fréquence chez l'homme** (onzième chez la femme), la deuxième tumeur urologique après le cancer de la prostate. Les hommes sont quatre à cinq fois plus atteints que les femmes. Ce cancer survient autour de 65 ans.

Ce sont des **tumeurs épithéliales** dans l'immense majorité des cas (95 %).

La tumeur se développe dans la muqueuse interne de la vessie, et l'extension tumorale se fait :

- **localement** : vers le **col vésical**, la **prostate**, les **vésicules séminales**, les **uretères**, le **tube digestif** ;
- **par voie lymphatique** : vers les relais lymphatiques **pelviens**.

Les lésions secondaires viscérales sont plus rares, et sont **osseuses** et **pulmonaires** essentiellement.

On distingue les **tumeurs non infiltrantes du muscle** (ne dépassant pas la muqueuse), dont le principal risque est la récidive, et les **tumeurs infiltrantes du muscle**, dont le risque est métastatique. Ces deux types se différencient par un traitement et un pronostic différent.

4.3.2 Imagerie

L'imagerie permet la **découverte parfois fortuite** de certaines tumeurs malignes de la vessie. Elle fait le **bilan d'extension** avant traitement, et recherche une **deuxième localisation** de tumeur urothéliale. Enfin, elle réalise le **suivi**. Le diagnostic histologique est fait en général sur une biopsie réalisée au cours d'une cystoscopie.

Modalités

Urographie intraveineuse

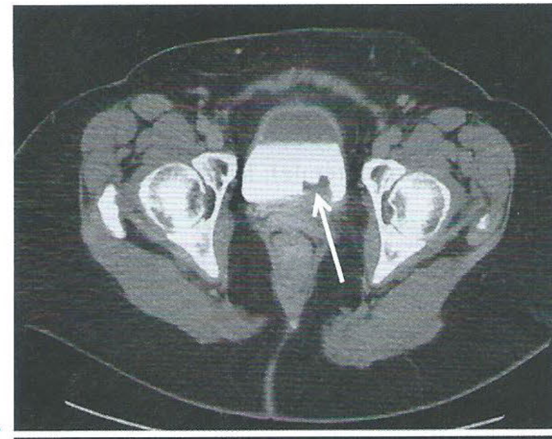
Elle était indiquée pour la recherche d'une deuxième localisation tumorale sur les voies excrétrices. Actuellement, l'UIV est **remplacée par l'uro-TDM**. Les performances de l'uro-TDM sont bonnes dans cette indication, et le bilan d'extension peut être réalisé dans le même temps. L'**uro-IRM** est un examen alternatif en cas de contre-indication à l'injection d'iode.

Échographie rénale et vésicale

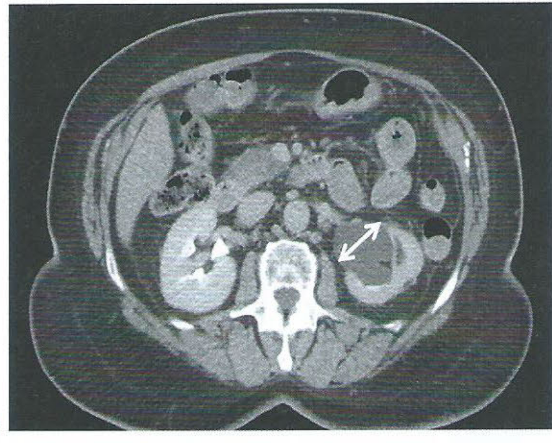
Elle permet la découverte de certaines tumeurs vésicales sur un examen réalisé pour une hématurie ou une autre raison. Par ailleurs, l'échographie permet de diagnostiquer un **syndrome obstructif secondaire** à une tumeur vésicale localement évoluée.

TDM ou IRM abdomino-pelvienne

Elles sont réalisées avec injection de produit de contraste, **indiquées pour le bilan d'extension** et **le suivi** des tumeurs infiltrantes, complétées par une acquisition d'uro-TDM ou une séquence d'uro-IRM.



a.



b.

Figure 312 - Cancer de la vessie
TDM abdomino-pelvienne après injection de produit de contraste (temps tardif excrétoire) en coupes axiales (même patient) : **a.** coupe pelvienne. Formation irrégulière de la paroi postérieure gauche de la vessie (flèche), dessinant une image de soustraction au sein de la vessie opacifiée par le produit de contraste ; **b.** coupe abdominale. Dilatation du pyélon gauche (double flèche) en amont de la lésion vésicale obstruant le méat urétéral homolatéral.

TDM thoracique

Elle est indiquée pour le **bilan d'extension** et le suivi des tumeurs infiltrantes.

TEP-TDM au 18-FDG

Sa place est encore **discutée**, seulement dans les formes infiltrantes.

Scintigraphie osseuse

Elle est réalisée **sur point d'appel** clinique.

Signes positifs

Formation intravésicale de **taille variables** de contours irréguliers, développée aux dépens de la **paroi**, **échogène** dans la vessie pleine anéchogène (échographie), réalisant une **lacune** dans la vessie opacifiée par le produit de contraste (uro-TDM et uro-IRM).

Extension

Extension locale

Extension extravésicale de la masse tumorale vers la **prostate**, **l'uretère** (dilatation des cavités pyélocalicielles homolatérale), le **rectum**.

Extension lymphatique

Adénopathies, **obturatrices**, **iliaques** (externes, internes communes), **para-aortiques**.

Extension à distance

Nodules pulmonaires, lésions osseuses lytiques ou condensantes…

Complications

Dilatation des cavités pyélocalicielles (tumeur obstructive).

Classification TNM (2009)

T	Tis : carcinome *in situ*	
	T1 : envahissement du chorion	
	T2 : envahissement de la musculeuse	T2a : tumeur envahissant la couche musculaire superficielle (moitié interne)
		T2b : tumeur envahissant la couche musculaire profonde (moitié externe)
	T3 : envahissement du tissu périvésical	T3a : microscopiquement
		T3b : macroscopiquement
	T4 : extension aux organes adjacents : prostate, utérus, vagin, ou à la paroi pelvienne ou abdominale	T4a : extension à la prostate, à l'utérus ou au vagin
		T4b : extension à la paroi abdominale ou pelvienne
N	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : envahissement d'un seul ganglion mesurant moins de 2 cm	
	N2 : envahissement d'un seul ganglion mesurant de 2 à 5 cm ou de plusieurs ganglions de moins 5 cm	
	N3 : envahissement ganglionnaire de plus de 5 cm	
M	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : métastase à distance	M1a : ganglionnaire(s) non régionale(s)
		M1b : osseuse(s)
		M1c : autres sites

Chapitre 24
Pathologie prostatique

Item n° 123. Hypertrophie bénigne de la prostate
Item n° 157. Infections urinaires de l'enfant et de l'adulte
Item n° 307. Tumeurs de la prostate

1 Pathologie infectieuse : prostatite aiguë et ses complications

1.1 Physiopathologie

Il s'agit d'une infection du parenchyme prostatique :
- par **contamination rétrograde** via l'urètre (germes urinaires ou maladies sexuellement transmissibles) ;
- par **inoculation directe** (biopsie prostatique, sondage) ;
- par **voie hématogène** (rarement).

L'œdème prostatique qui en résulte peut être la cause d'une **rétention aiguë d'urine**. Les autres complications aiguës locales sont **l'abcès** et **l'orchiépididymite**.
Il existe par ailleurs un risque d'évolution vers la chronicité en l'absence de traitement.

1.2 Imagerie

Le diagnostic de prostatite aiguë est **clinique**. L'imagerie recherche uniquement des **complications**. Dans les prostatites chroniques, l'imagerie peut conforter le diagnostic.

1.2.1 Modalités

Échographie rénale et vésicale postmictionnelle (par voie sus-pubienne)

L'examen peut être réalisé pour confirmer une rétention aiguë d'urine en cas de doute diagnostique.

Échographie prostatique par voie endorectale

Elle est à **proscrire à la phase aiguë** en raison de son caractère douloureux et du risque de décharge bactériémique. Elle peut être réalisée secondairement sous couverture antibiotique afin de rechercher un abcès si la voie sus-pubienne est insuffisante. Elle peut être utile dans le bilan d'une prostatite chronique (recherche d'anomalies morphologiques uro-génitales).

TDM abdomino-pelvienne

Elle est réalisée avec injection de produit de contraste, c'est un examen de **deuxième intention**, pour la recherche d'une diffusion locale de l'infection en l'absence d'amélioration après 72 heures.

IRM prostatique

Elle n'est pas recommandée actuellement.

1.2.2 Complications

Rétention aiguë d'urine

Globe vésical (vessie distendue chez un patient incapable d'uriner), retentissement possible sur **le haut appareil urinaire** (dilatation bilatérale des cavités pyélocalicielles).

Abcès prostatique

Formation intraprostatique hétérogène, **anéchogène** ou **hypoéchogène** (échographie), **hypodense** avec **prise de contraste** périphérique variable (TDM).

Prostatite chronique

Modification de l'échogénicité de la zone périphérique (plages hypo- ou hyperéchogènes en échographie), **calcifications intraprostatiques** et des **vésicules séminales** (échographie).

2 Pathologie tumorale

2.1 Hypertrophie bénigne de la prostate (HBP)

2.1.1 Physiopathologie

Il s'agit d'une hyperplasie de la zone transitionnelle de la prostate (adénoléiomyofibrome) responsable :
- d'un **obstacle à la vidange vésicale** : symptômes irritatifs et obstructifs ;
- puis d'une compensation de la résistance urétrale au passage du flux urinaire par une **hypertrophie du détrusor** de la vessie ;
- avec secondairement un risque de **détérioration des fibres musculaires lisses** vésicales en cas de persistance de l'obstacle (vessie de lutte) **pouvant retentir sur le haut appareil urinaire** : dilatation des cavités pyélocalicielles ;
- enfin, au stade ultime : **retentissement sur le parenchyme rénal** avec insuffisance rénale chronique.

L'importance des symptômes et du retentissement n'est pas corrélée à l'importance de l'HBP.

2.1.2 Imagerie

Le diagnostic positif de l'HBP est **clinique** (interrogatoire et toucher rectal). L'imagerie a un rôle de l'évaluation des **complications** et en **préthérapeutique**.

Modalités

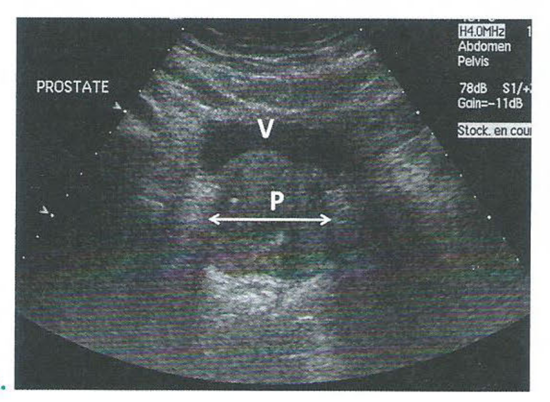
L'échographie réno-vésico-prostatique par **voie sus-pubienne** est un **examen de première intention** permettant d'étudier les contours prostatiques, d'évaluer la paroi vésicale, de mesurer le résidu post-mictionnel, et de détecter un retentissement sur le haut appareil urinaire.
L'échographie prostatique par **voie endo-rectale** permet une **meilleure évaluation du volume prostatique** notamment en vue d'un traitement chirurgical.

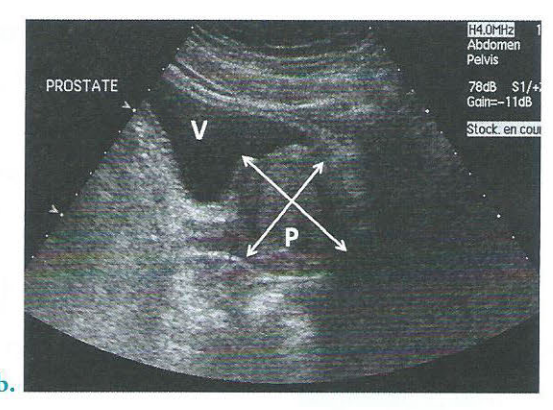
Signes positifs

Prostate **augmentée de volume** (le volume prostatique varie en fonction de l'âge, chez l'adulte un volume de 10 à 20 cm^3 est considéré comme normal).
Le volume prostatique est calculé avec les grands axes de la prostate dans les trois dimensions de l'espace grâce à une formule mathématique.

Complications

- **Vessie de lutte** : épaississement irrégulier de la paroi vésicale, diverticules vésicaux (formations arrondies anéchogènes en continuité avec la paroi vésicale).
- **Calculs vésicaux** : formations hyperéchogènes avec cônes d'ombre postérieurs
- **Urétéro-hydronéphrose** (bilatérale) : dilatation des cavités pyélocalicielles.
- **Insuffisance rénale chronique** : reins de petite taille, avec diminution de l'épaisseur corticale.

a.


b.


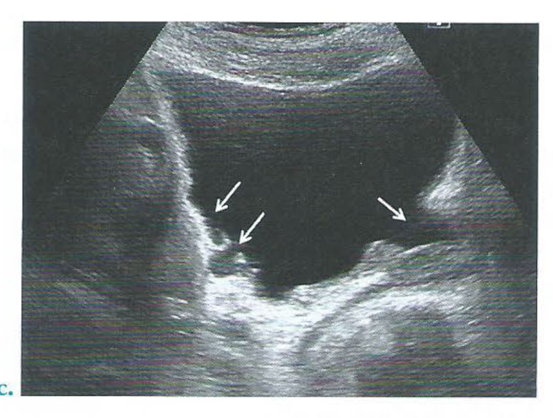
c.


Figure 313 - Hypertrophie bénigne de prostate
a. et b. (même patient) échographie prostatique par voie sus-pubienne, révélant une hypertrophie bénigne de prostate. Vessie « V » et prostate « P ». Prise des 3 grands axes de la prostate (doubles flèches), permettant une estimation du volume de la prostate : a. sonde placée dans le plan axial ; b. sonde placée dans le plan sagittal ; c. échographie vésicale par voie sus-pubienne. Perte de la régularité des contours vésicaux en raison de la présence de multiples diverticules (flèches), en amont d'une hypertrophie bénigne de prostate (prostate non visible sur cette coupe).

2.2 Cancer de la prostate

2.2.1 Anatomopathologie et physiopathologie

Le cancer de la prostate est, de loin, **le cancer le plus fréquent chez l'homme**. L'âge moyen au diagnostic est de 74 ans.
Les tumeurs prostatiques sont des **adénocarcinomes** dans 95 % des cas.
Leur extension est lente et se fait :

- **localement** : **franchissement capsulaire**, envahissement des **vésicules séminales**, de la **vessie** ;
- **par voie lymphatique** : relais ganglionnaires **ilio-obturateurs**, puis **latéro-aortiques** et **latéro-caves**.

Les **lésions secondaires** sont essentiellement **osseuses**, les autres localisations sont plus rares (pulmonaires, hépatiques, cérébrales).

2.2.2 Imagerie

Le diagnostic de tumeur prostatique est **anatomopathologique**, réalisé le plus souvent sur des biopsies échoguidées. L'imagerie réalise ensuite le **bilan d'extension local** et **à distance**.
L'anatomopathologie corrélée aux données du PSA permet une stratification du risque d'extension et **guide** donc **les indications** des examens d'imagerie.

> **Pour aller plus loin**
>
> ***Classification de Del Amico***
>
> Le risque évolutif est stratifié selon la classification de Del Amico, qui conditionne la réalisation des examens d'imagerie :
> - faible risque : PSA ≤ 10 ng/mL et score de Gleason ≤ à 6 et stade clinique ≤ T2a ;
> - risque intermédiaire : PSA entre 10 et 20 ng/mL ou score de Gleason = 7 ou stade clinique T2 ;
> - haut risque : PSA > à 20 ou score de Gleason de 8 à 10 ou stade clinique (T2c – T3a).

Modalités

Échographie prostatique par voie endorectale

Ce n'est pas un examen de dépistage du cancer prostatique, mais elle permet de **guider les biopsies**.

TDM abdomino-pelvienne

L'examen est indiqué pour le **bilan d'extension** ganglionnaire et métastatique chez les patients à risque intermédiaire ou haut ; elle est réalisée avec injection de produit de contraste.

Échographie rénale

Elle est indiquée chez les patients présentant des tumeurs localement avancées (T3 ou T4) ou sur point d'appel clinique, afin de rechercher un **retentissement sur le haut appareil urinaire**.

IRM prostatique

Elle est indiqué pour le **bilan d'extension** local et ganglionnaire régional chez les patients à risque intermédiaire ou haut, à visée préthérapeutique.
L'IRM peut également être utile après une première série de biopsies négatives (ou ne montrant qu'un microfoyer tumoral) chez les sujets présentant un taux de PSA élevé afin de guider une deuxième série de biopsies vers des localisations moins courantes.

Scintigraphie osseuse

Elle est indiquée pour le **bilan d'extension** métastatique chez les patients à risque intermédiaire ou haut. Elle peut être remplacée par la TEP.

TEP-TDM à la choline

Elle est indiquée dans le bilan des adénocarcinomes à haut risque métastatique.

Signes positifs

Zone **hypo-échogène** de la prostate périphérique (plus rarement iso-échogène), avec vascularisation **positive** au doppler (échographie), en **hyposignal T2** et **hypersignal de diffusion** (IRM).

Extension

Extension locale (IRM)

Extension **transcapsulaire** (déformation irrégulière ou spiculée de la capsule, oblitération de l'angle recto-prostatique, envahissement direct des bandelettes neuro-vasculaires), des **vésicules séminales**, de la **vessie**.

Extension ganglionnaire

Adénopathies **ilio-obturatrices**, **latéroaortiques** et **latérocaves**.

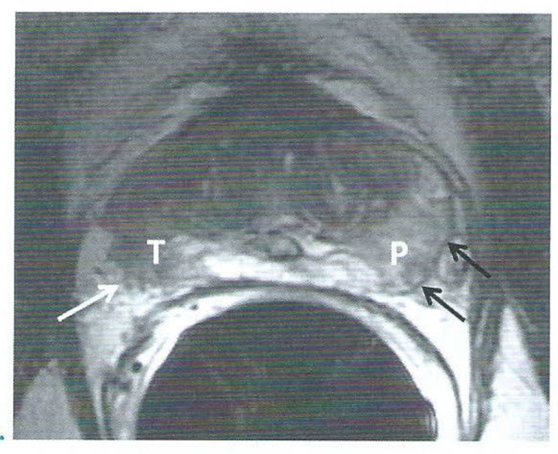
Extension à distance

Lésions **osseuses**, typiquement **condensantes**, atteignant le squelette axial en priorité (autres sites rares).

Complications

Dilatation des cavités pyélocalicielles en cas de tumeur obstructive.

a.



b.

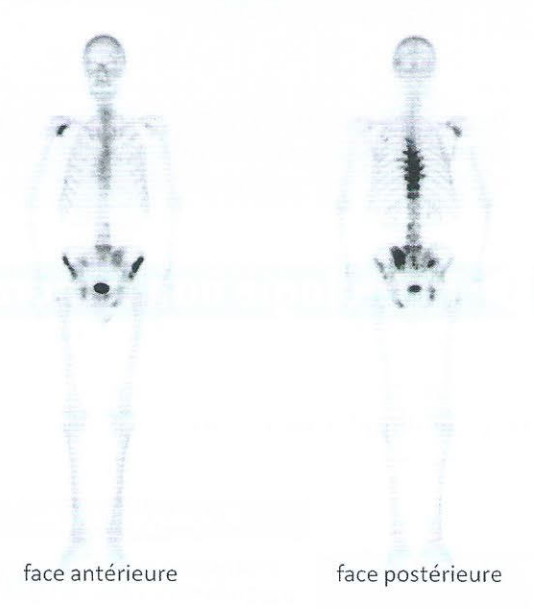


Figure 314 - Cancer de prostate

a. IRM prostatique, séquence T2, coupe axiale. Prostate périphérique normale (« P ») et capsule normale (flèches noires). Tumeur prostatique en hyposignal développée dans la prostate périphérique droite (« T »), avec franchissement capsulaire : capsule non distinguable (flèche blanche) ; **b.** scintigraphie osseuse corps entier. Multiples foyers d'hyper- fixation (en noir) des vertèbres dorsales et lombaires, du bassin, de certaines côtes, du crâne. La fixation gléno-humérale droite peut être dégénérative. La fixation centro-pelvienne correspond à la fixation vésicale physiologique (élimination urinaire du traceur). Métastases osseuses d'un cancer prostatique.

Classification TNM (2009)

T	T1 : tumeur non palpable ou non visible en imagerie (T1a et T1b : tumeur découverte sur l'analyse anatomopathologie des copeaux de résection endoscopique de prostate)	T1a < 5 % du tissu retiré
		T1b > 5 % du tissu retiré
		T1c : découverte par élévation du PSA et réalisation de biopsies positives
	T2 : tumeur limitée à la prostate (apex et capsule compris)	T2a : atteinte de la moitié d'un lobe ou moins
		T2b : atteinte de plus de la moitié d'un lobe sans atteinte de l'autre lobe
		T2c : atteinte des deux lobes
	T3 : extension au-delà de la capsule	T3a : extension extracapsulaire
		T3b : extension aux vésicules séminales
	T4 : extension aux organes adjacents (col vésical, sphincter urétral, rectum, paroi pelvienne) ou tumeur fixée à la paroi pelvienne	
N	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : envahissement ganglionnaire régional	
M	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : métastase à distance	M1a : ganglionnaire(s) non régionale(s)
		M1b : osseuse(s)
		M1c : autres sites

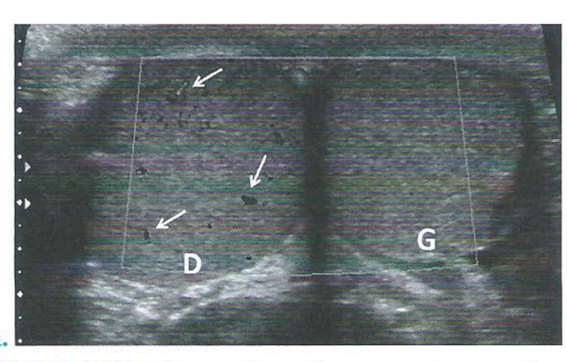
Chapitre 25
Pathologie testiculaire

Item n° 48. Pathologie génito-scrotale chez le garçon et chez l'homme
Item n° 310. Tumeurs du testicule

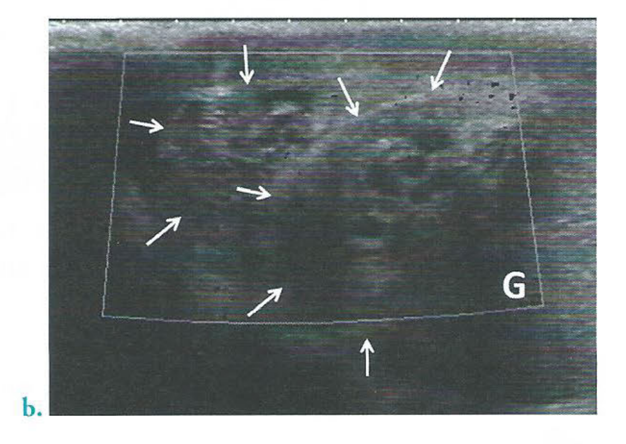
1 Pathologie non tumorale

Elle peut être infectieuse, traumatique, vasculaire… Dans tous les cas, l'imagerie repose sur **l'échographie-doppler testiculaire.** Le tableau suivant résume les principales pathologies rencontrées, les indications et les résultats d'imagerie.

	Physiopathologie	Indication	Résultats
Orchiépidydimite	Contamination par **voie rétrograde ascendante** (urètre et canaux déférents), plus rarement par voie hématogène : infection du parenchyme testiculaire (orchite), épididymaire (épididymite) ou les deux (orchiépididymite)	▸ **Non systématique** (diagnostic clinique) ▸ Utilisé dans les cas de doute diagnostic, ou en cas d'hydrocèle abondant gênant l'examen	▸ **Augmentation de volume** et **hypo-échogénicité** du testicule et/ou de l'épididyme ▸ **Hypervascularisation** en doppler
Traumatisme testiculaire	**Traumatisme direct** (deux roues +++)	De **prescription facile** afin de ne pas méconnaitre une indication opératoire	▸ **Hématocèle** : collection liquidienne péritesticulaire ▸ **Contusion testiculaire** : testicule hétérogène ▸ **Rupture testiculaire** : issu du contenu testiculaire dans le sac scrotal
Torsion du cordon spermatique (à préférer au terme de torsion testiculaire)	**Anomalie de fixation de la vaginale** ▸ mobilité anormale du cordon spermatique ▸ risque de torsion **En cas de torsion :** ▸ obstruction de l'artère spermatique ▸ risque de nécrose testiculaire	▸ **Non systématique** : le diagnostic est clinique et le traitement une urgence. ▸ Indiqué uniquement en cas de torsion **vue tardivement** pour confirmer une torsion négligée	▸ **Tour de spire** du cordon spermatique, augmenté de volume ▸ **Défaut de signal Doppler** dans le testicule concerné (signe manquant de sensibilité) ▸ **Augmentation de volume** de l'épididyme ▸ Augmentation de volume initiale du testicule, puis apparition de **plages hypo-échogènes** (nécrose)
Bilan d'infertilité masculine	Étiologies variées : ▸ **infertilité sécrétoire** : défaut de spermatogenèse ▸ **infertilité excrétoire** : obstacle à l'écoulement des spermatozoïdes avec spermatogenèse normale	▸ **Orientée** par le bilan clinique et biologique ▸ Complétée par une échographie réno-vésico-prostatique (études des voies séminales)	▸ **Mesure du volume des testicules** et évaluation de leur contenu ▸ Recherche de **varicocèle** ▸ Recherche **d'anomalie des voies séminales** : agénésie des canaux déférents, kyste du carrefour génital…
Varicocèle	**Insuffisance valvulaire** à l'abouchement de la veine spermatique dans la **veine rénale gauche** (rarement isolée à droite) : dilatation des veines spermatiques	**Systématique** pour évaluer la sévérité et rechercher des anomalies testiculaires associées	▸ **Dilatation du réseau veineux** du contenu scrotal, **sévérité** évaluée avec manœuvres de reflux ▸ Évaluation de la **morphologie testiculaire**



a.



b.

Figure 315 - Torsion du cordon spermatique gauche
a. échographie testiculaire, sonde placée dans le plan axial par rapport au grand axe testiculaire, montrant les testicules droit (« D ») et gauche (« G »). Flux doppler couleur présent à droite (flèches), absent à gauche ; b. échographie testiculaire (même patient que a.), sonde placée dans le plan sagittal par rapport au grand axe du testicule gauche (« G »). Aspect de tour de spire du cordon spermatique (flèches) au pôle supérieur du testicule gauche.

2 Cancer du testicule

2.1 Anatomopathologie et physiopathologie

Ce sont des **tumeurs rares** (quinzième cause de cancer solide chez l'homme), qui touchent le sujet jeune (âge moyen : 30-35 ans).
La large majorité des tumeurs testiculaires sont des **tumeurs germinales** (séminomateuses et non séminomateuses). Rarement, ce sont des sarcomes, des lymphomes ou des lésions métastatiques.
Leur extension se fait :

- **par voie lymphatique** : **adénopathies iliaques homolatérales**, **lombo-aortiques**, et **sus-diaphragmatiques** à un stade plus avancé (médiastinales et sus-claviculaires gauche) ;
- **par voie hématogène** : **lésions secondaires** essentiellement **pulmonaires**, plus rarement **hépatiques**. Les localisations cérébrales et osseuses sont encore plus rares.

2.2 Imagerie

L'examen clinique **suspecte le diagnostic** devant une tuméfaction et ou une douleur testiculaire. Les examens complémentaires d'imagerie confirment le **diagnostic de masse testiculaire** et font le **bilan d'extension**.

2.2.1 Modalités

Échographie-doppler testiculaire

C'est **l'examen de première intention**, confirmant le diagnostic de nodule ou de masse solide testiculaire, en éliminant les autres causes de tuméfaction (infections, hydrocèle...), et recherchant une lésion controlatérale. Elle est indiquée également pour le suivi du testicule restant.

TDM thoraco-abdomino-pelvienne

Elle est réalisée avec injection de produit solide de contraste, et fait le **bilan d'extension**.

TDM ou IRM cérébrale

C'est un **examen de deuxième intention**, qui recherche des lésions secondaires en cas de signes cliniques évocateurs ou dans les stades métastasiques de mauvais pronostic.

Scintigraphie osseuse

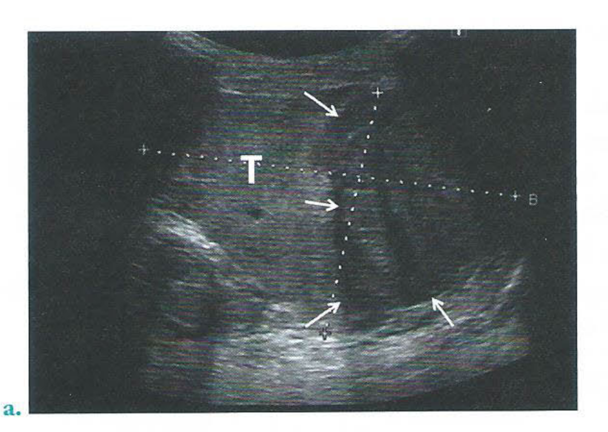
C'est un **examen de deuxième intention**, aux mêmes indications que la TDM cérébrale.

2.2.2 Signes positifs

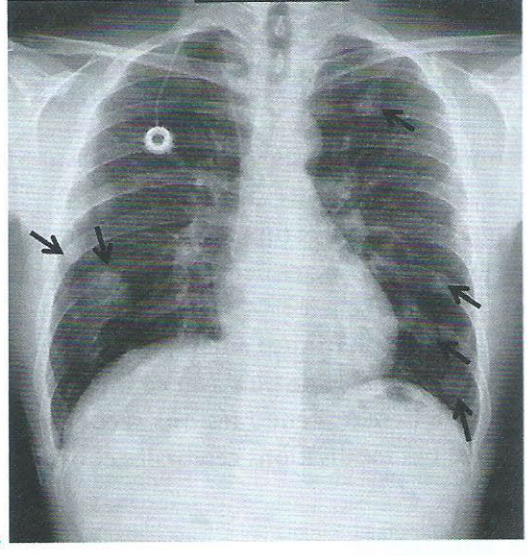
Masse testiculaire **solide**, plus ou moins **hétérogène**, arrondie, **vascularisée en doppler** (échographie).

2.2.3 Extension

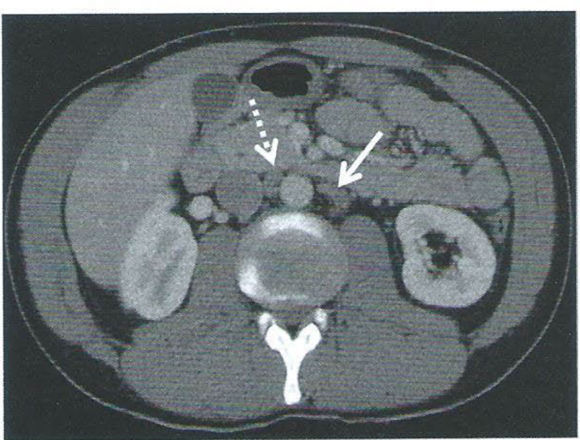
- Recherche de **lésion testiculaire controlatérale** (échographie).
- **Extension ganglionnaire** : adénopathies **rétropéritonéales**, voire **sus-diaphragmatiques**.
- **Extension à distance** : **nodules pulmonaires** multiples, les autres localisations étant rares.



a.



b.



c.

Figure 316 - Cancer du testicule
a. échographie testiculaire. Masse hétérogène (flèches) développée au sein du testicule (« T »). Tumeur germinale non séminomateuse en histologie ; b. radiographie de thorax de face. Multiples opacités arrondies (les plus volumineuses fléchées). Patient par ailleurs porteur d'une chambre implantable. Métastases pulmonaires d'une tumeur testiculaire ; c. TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste, coupe axiale. Adénopathie interaortico-cave (flèche pointillée) et latéro-aortique gauche (flèche pleine). Envahissement ganglionnaire d'une tumeur testiculaire.

Chapitre 26
Pathologie surrénalienne

1 ▸ Physiopathologie

La pathologie surrénalienne regroupe :

- des **lésions non tumorales** : infectieuses (tuberculose, histoplasmose, VIH…), hémorragie surrénalienne, hyperplasie surrénalienne ;
- des **lésions tumorales** : bénignes (adénome : lésion de loin la plus fréquente, rarement : phéochromocytome, myélolipome), ou malignes (en premier lieu les métastases, rarement : phéochromocytome, corticosurrénalome, lymphome).

Creusons le sujet
Adénome surrénalien

C'est une tumeur bénigne fréquente, de découverte fortuite. Son identification par l'imagerie (TDM et IRM) repose sur son contenu graisseux. Cependant, 30 % des adénomes sont pauvres en lipides, ce qui va rendre leur diagnostic par l'imagerie plus difficile.

2 ▸ Imagerie

Selon les cas, l'imagerie permet soit d'**orienter** soit de **poser le diagnostic**. Il est nécessaire de considérer le **contexte clinique** (syndrome d'hypersécrétion hormonale, contexte de traumatisme, de tuberculose, de cancer…). Le plus souvent, la biopsie n'est pas nécessaire.

2.1 Modalités

2.1.1 ASP

L'examen est **peu contributif**, hormis pour la détection de calcifications surrénaliennes (surrénales normales non visibles).

2.1.2 Échographie des surrénales

Les surrénales normales sont le plus souvent invisibles. L'examen permet parfois la **découverte fortuite** de lésion surrénalienne en général de grande taille, sans possibilité de caractérisation.

2.1.3 TDM surrénalienne

Le plus souvent, il s'agit d'un « **incidentalome** » (masse d'allure tumorale découverte fortuitement, en l'absence de symptome) diagnostiqué sur une TDM réalisée pour une autre raison. Plus rarement, une

TDM spécifiquement surrénalienne est réalisée pour l'exploration d'une hypersécrétion hormonale. Le protocole optimal comprend une acquisition sans injection, suffisante en l'absence d'anomalie, et permettant parfois le diagnostic d'adénome. Si besoin, une injection de produit de contraste avec une acquisition au temps portal et à 10-15 minutes sera réalisée, afin d'étudier la cinétique de prise de contraste de la lésion.

2.1.4 IRM surrénalienne avec séquence *phase in-phase out*

Elle possède la même sensibilité de détection que la TDM pour les nodules surrénaliens, mais un **meilleur pouvoir de discrimination tissulaire** (pour le diagnostic de certitude d'adénome).

2.2 Signes positifs

		TDM	IRM
Lésion non tumorales	**Tuberculose surrénalienne**	‣ Hypertrophie pseudo-tumorale uni- ou bilatérale, de contours irréguliers, avec prise de contraste périphérique ‣ À la phase aiguë, zone centrale nécrotique ‣ Atrophie et calcifications d'apparition secondaire	
	Hyperplasie uni- ou bilatérale des surrénales	Augmentation d'épaisseur (> 1 cm) de la ou des surrénales, homogène ou nodulaire	
	Hématome surrénalien	‣ Lésion surrénalienne arrondie spontanément hyperdense ‣ Peut se calcifier secondairement	Lésion surrénalienne en hypersignal T1 et T2, non rehaussée
Lésions tumorales	**Adénome surrénalien (bénin)**	Lésion surrénalienne arrondie, de contours nets, hypodense (densité < 10 UH), présentant une prise de contraste avec important lavage au temps tardif	Lésion surrénalienne arrondie, présentant une chute de son signal sur la séquence phase out en raison du contenu graisseux intracellulaire
	Phéochromocytome (bénin 90 %, ou malin 10 %)	Lésion surrénalienne arrondie, de densité et de réhaussement variable	Lésion surrénalienne en hypersignal T2 intense
	Corticosurrénalome (malin)	Lésion surrénalienne de grande taille, aux contours irréguliers, de contenu et de rehaussement hétérogène	
	Lésions secondaires (malignes)	‣ Lésions de taille variable, fréquemment bilatérales ‣ Cancers primitifs les plus souvent impliqués : bronchique, mammaire, rénal, ou mélanome malin	

Incidentalome surrénalien

La découverte fortuite d'un nodule surrénalien (c'est-à-dire sans signe clinique d'hypersécrétion hormonale ni signes tumoraux) sur une TDM ou une IRM est une **situation clinique fréquente** (1 à 2 % des TDM abdominales). Dans la large majorité des cas, il s'agit d'un adénome surrénalien. Pour le confirmer, plusieurs solutions :

- si la **TDM** est réalisée **sans injection de produit de contraste**, une **densité du nodule inférieure à 10 UH** suffit à poser le diagnostic. Sinon il est souhaitable de refaire une acquisition TDM sans injection ;
- si la densité spontanée est supérieure à 10 UH, une **TDM avec injection de produit de contraste** et acquisition aux temps portal et tardif (10-15 minutes) permettra de rattraper le diagnostic, grâce au **calcul du « *wash out* »** (l'adénome présente un lavage du produit de contraste au temps tardif) ;
- ou encore, en fonction de la disponibilité, une **IRM surrénalienne** avec séquences *phase in* et *phase out* pourra être réalisée, et on identifiera l'adénome grâce à la **chute du signal en séquence *phase out***.

Si les caractéristiques des TDM ou IRM ne sont pas celles d'un adénome, et si la lésion est de grande taille (plus de 4 cm), une biopsie pourra être discutée.

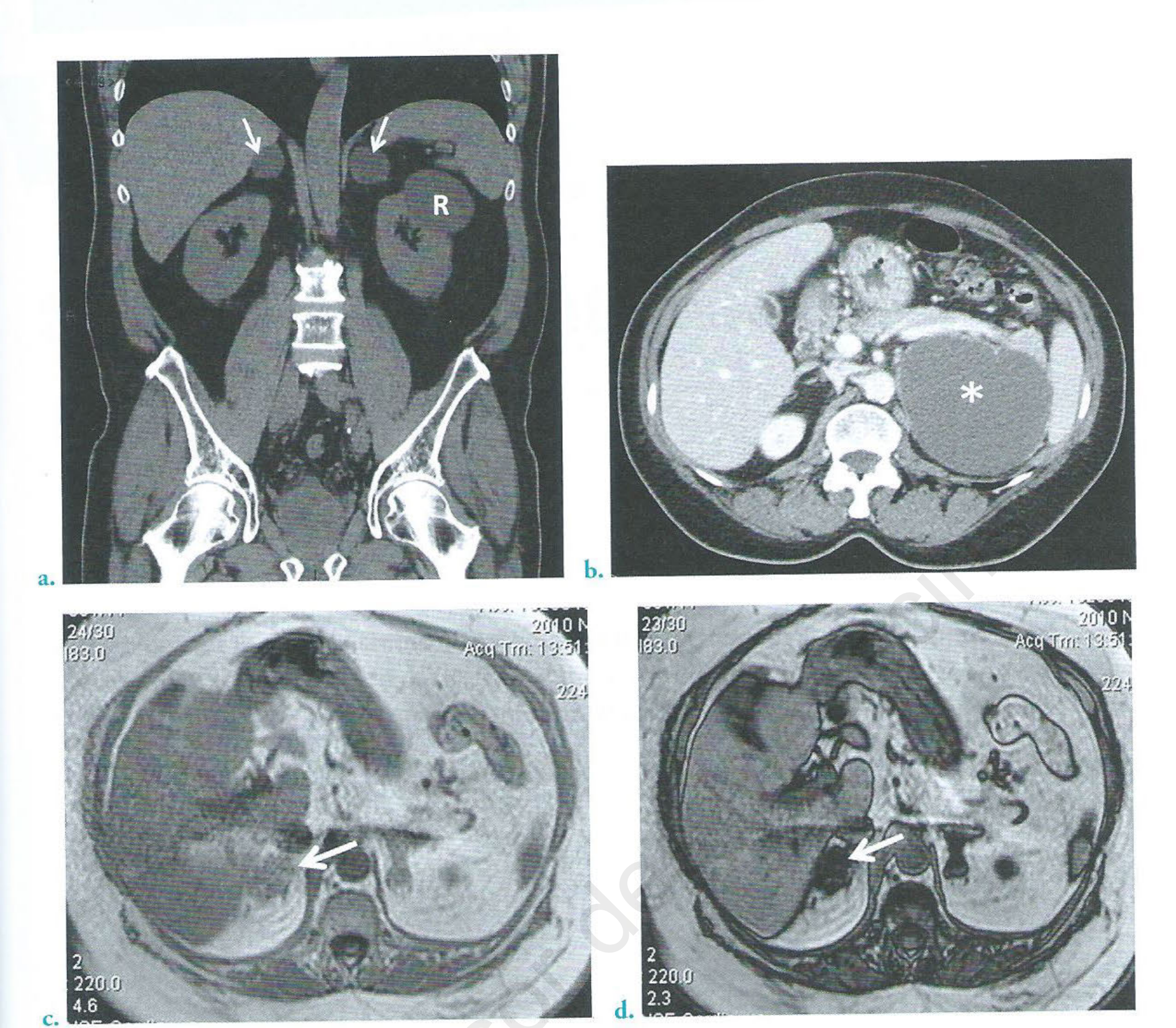


Figure 317 - Pathologie surrénalienne

a. TDM abdomino-pelvienne sans injection, reconstruction coronale. Nodules surrénaliens droit et gauche (flèches), dont les densités sont mesurées respectivement à 2 et 0,7 UH, correspondant à des adénomes surrénaliens. Présence d'un kyste rénal simple à gauche (« R ») ; **b.** TDM abdominale avec injection de produit de contraste en coupe axiale. Masse surrénalienne gauche hypodense de grande taille, correspondant à une métastase de cancer bronchique connu ; **c.** IRM abdominale en coupe axiale, séquence phase in. Nodule de la surrénale droite (flèche) en isosignal ; **d.** IRM abdominale en coupe axiale, séquence phase out (même patient que c). Chute du signal du nodule surrénalien droit (flèche) qui apparaît en hyposignal, traduisant son contenu graisseux intracellulaire : adénome surrénalien droit.

Sous-partie 7

Pathologies ORL et thyroïdienne

L'ORL regroupe un grand nombre de pathologies dans lesquelles l'imagerie apporte une contribution importante. Pour plus de clarté, il a été choisi de résumer le rôle de l'imagerie dans différents tableaux, en fonction de la région anatomique étudiée et/ou de la pathologie concernée.

Sous-partie 7

Pathologies ORL et thyroïdienne

L'ORL regroupe un grand nombre de pathologies dans lesquelles l'imagerie apporte une contribution importante. Pour plus de clarté, il a été choisi de résumer le rôle de l'imagerie dans différents tableaux, en fonction de la région anatomique étudiée et/ou de la pathologie concernée.

Chapitre 27
Pathologie de l'oreille et des sinus

Item n° 145. Infections naso-sinusiennes de l'adulte et de l'enfant
Item n° 147. Otites infectieuses de l'adulte et de l'enfant

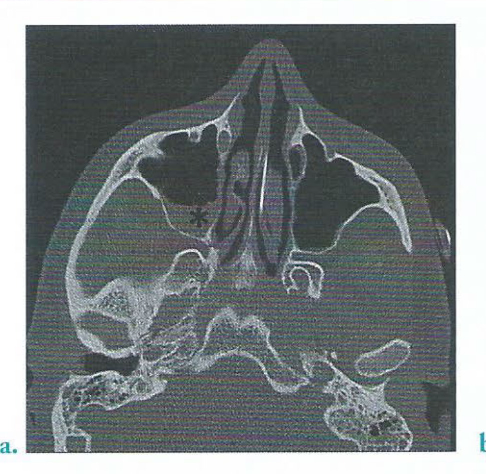
Indications et buts de l'imagerie des oreilles et des sinus

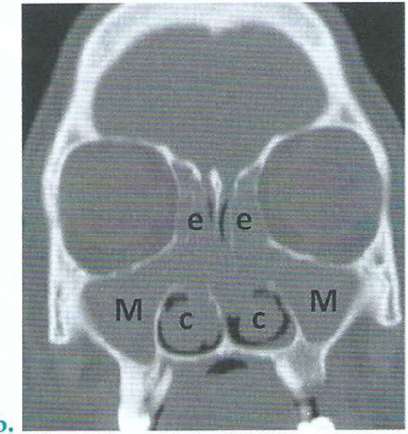
Méthode d'exploration	Indication	Buts et résultats
Radiographie des sinus	Non indiquée	Le diagnostic de sinusite aiguë est clinique, en cas de complication ou de présentation atypique, on réalisera une TDM ou une IRM
TDM des sinus du massif facial	Sinusite aiguë compliquée	Recherche de cellulite palpébrale ou orbitaire, d'abcès sous-périosté, d'ostéite frontale ou sphénoïdale
	Sinusite chronique	Recherche de : ‣ variantes anatomiques favorisant l'obstruction ostiale (déviation du septum nasal, pneumatisation des cornets…) ‣ variantes anatomiques à risque chirurgical (vasculaire ou neurologique)
	Polypose naso-sinusienne	Bilan lésionnel avant traitement médical ou chirurgical
	Traumatisme de la face	Recherche de lésions osseuses et étude de leurs déplacements, recherche de brèche antérieure ou d'atteinte des parties molles
	Pathologie tumorale (bénigne et maligne)	Bilan d'extension locale des tumeurs sinusiennes (en particulier extension osseuse)
IRM du massif facial	Pathologie tumorale (bénigne et maligne)	Bilan d'extension locale des tumeurs sinusiennes (en particulier rapports encéphaliques)
TDM/IRM cérébrale	Sinusite avec suspicion de complication encéphalique	Recherche de thrombophlébite, d'abcès cérébral
Radiographie dentaire	Bilan étiologique de sinusite maxillaire unilatérale	Recherche d'anomalie dentaire favorisante
TDM du rocher	Otite externe nécrosante	Recherche de lyse osseuse (ostéite), ou d'infiltration des parties molles
	Exploration d'une surdité de transmission à tympan normal	Recherche d'otospongiose, de malformation de la chaîne ossiculaire ou de la fenêtre ovale
	Otite chronique cholestéatomateuse (non systématique pour les autres otites chroniques)	Bilan d'extension du cholestéatome, recherche de récidive après intervention
	Mastoïdite aiguë	Comblement des cellules mastoïdienne, recherche de lyse osseuse (ostéite)
	Pathologie tumorale	Bilan d'extension par rapport aux structures de voisinages (nerf facial, artère carotide interne, osselets…), recherche de lyse osseuse
	Traumatisme du rocher	Recherche d'une solution de continuité, d'un comblement des espaces aériques ou d'une fracture ou déplacement des osselets

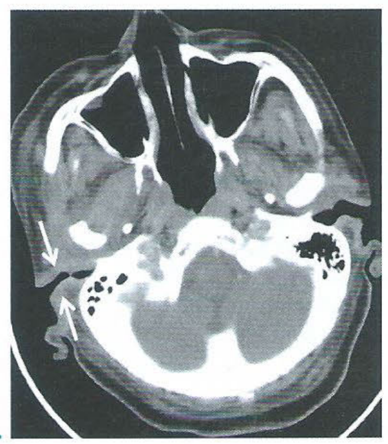
Méthode d'exploration	Indication	Buts et résultats
IRM des rochers	Otite externe nécrosante	Recherche d'une extension aux parties molles péri-auriculaires
	Exploration d'une surdité brusque ou fluctuante	Recherche d'hémorragie labyrinthique, de neurinome de l'acoustique
	Pathologie tumorale	Bilan d'extension en complémentarité avec la TDM

IMPORTANT
Tumeurs des sinus

Les tumeurs malignes des cavités sinusiennes sont les suivantes : adénocarcinomes (localisation éthmoïdale, souvent secondaire à l'exposition aux poussières de bois), carcinomes épidermoïdes (notamment pour les sinus maxillaires), et plus rarement mélanomes, sarcomes, lymphomes. L'extension est essentiellement locorégionale, les atteintes ganglionnaires sont rares (sauf pour le mélanome) et les métastases tardives.

a.


b.


c.


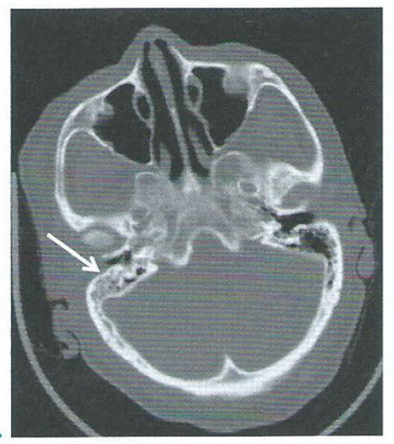
d.


Figure 318 - Pathologie des sinus et de l'oreille

a. TDM des sinus, coupe axiale, fenêtre osseuse. Comblement partiel du sinus maxillaire droit (astérisque). Sinusite maxillaire droite ; **b.** TDM des sinus, reconstruction coronale, fenêtre osseuse. Comblement des sinus maxillaires (« M »), des cellules éthmoïdales (« e ») et hypertrophie des cornets inférieurs (« c »). Polypose naso-sinusienne ; **c.** TDM cérébrale avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. Épaississement des parois du méat acoustique externe droit (flèches, comparer au côté gauche) réduisant le calibre de la lumière ; **d.** TDM cérébrale avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre osseuse (même patient que **c**). Comblement de certaines cellules mastoïdiennes (flèche) à droite (comparer au côté gauche). Otite externe et mastoïdite aiguë droite.

Chapitre 28
Pathologie des glandes orales (salivaires)

Item n° 88. Pathologie des glandes salivaires

Indications et résultats de l'imagerie des glandes orales

Méthode d'exploration	Indication	Résultats
Radiographie standard (incidence de face et/ou de profil, cliché occlusal)	Désormais non indiquée en raison de sa faible sensibilité pour la détection des lithiases	**Calculs radio-opaques**, prédominants en projection des glandes submandibulaires
Échographie parotidienne, des glandes submandibulaires ou sublinguales	‣ Pathologie **lithiasique** et **tumorale** (tumeurs de petite taille) ‣ Examen de première intention	‣ **Pathologie lithiasique** : augmentation de volume de la glande, lithiase visible sous forme d'une image hyperéchogène à cône d'ombre postérieur, dilatation canalaire ‣ **Pathologie tumorale** : taille, localisation, nombre de lésions tumorales
Sialographie et sialo-IRM	‣ Exploration des **lithiases**, des sialadénites, des **pathologies auto-immunes** (syndrome de Gougerot-Sjogren, sarcoïdose), des **sialoses** ‣ Réalisée en deuxième intention après échographie et en l'absence d'épisode infectieux concomitant (la sialo-IRM se substitue désormais à la sialographie)	‣ Mise en évidence d'une **lithiase radiotransparente** (sialographie) sous forme d'une **lacune endocanalaire** (sialographie, sialo-IRM) ‣ **Dilation ou sténose canalaire**, régulière ou irrégulière
IRM/TDM des parotides, des glandes submandibulaires **IRM des glandes sublinguales**	‣ Pathologie **tumorale** (surtout maligne) ‣ Examen de deuxième intention (IRM plus performante que la TDM) ‣ La TDM peut également être réalisée pour rechercher des lithiases (en particulier du plancher buccal) ou pour objectiver des complications infectieuses	‣ Orientation pour la **caractérisation tumorale** ‣ **Bilan d'extension** local (notamment osseux pour la TDM) ‣ **Lithiase** en TDM : formation dense de glandes salivaires

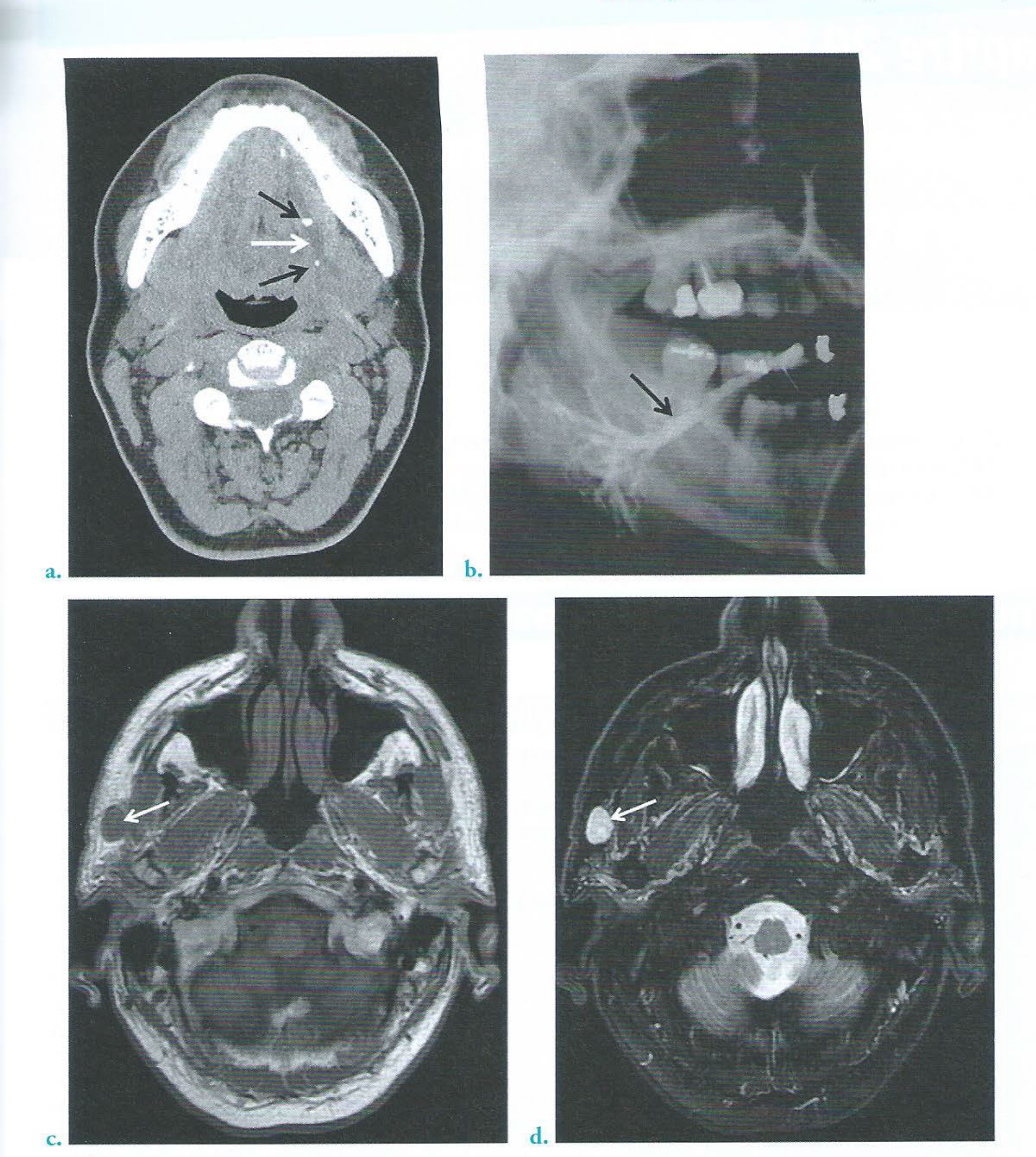


Figure 319 - Pathologie des glandes orales
a. TDM du massif facial, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. Dilatation du canal de Wharton gauche (flèche blanche) avec deux hyperdensités spontanées intracanalaires (flèches noires) correspondant à des lithiases submandibulaires gauche ; b. sialographie de la glande submandibulaire gauche. Dilatation du canal de Wharton (flèche) ; c. IRM parotidienne, coupe axiale, séquence T1. Lésion arrondie développée aux dépens de la parotide droite en hyposignal (flèche) ; d. IRM parotidienne, coupe axiale, séquence T2 avec saturation de la graisse (même patient que d). La lésion de la parotide droite apparaît en hypersignal (flèche). Tumeur parotidienne droite (il s'agissait d'un adénome pléiomorphe).

Chapitre 29

Pathologie thyroïdienne et parathyroïdienne

Item n° 239. Goitre, nodules thyroïdiens et cancers thyroïdiens
Item n° 240. Hyperthyroïdie
Item n° 241. Hypothyroïdie

1 Indications et résultats d'imagerie

Méthode d'exploration	Indication	Buts et résultats
Échographie thyroïdienne et parathyroïdienne	‣ Exploration d'un **goitre** ou de **nodules** palpés cliniquement ‣ Exploration d'une **dysthyroïdie** ‣ Exploration d'une **thyroïdite** ‣ **Cytoponction** échoguidée de nodules thyroïdien ‣ Recherche **d'adénome parathyroïdien**	‣ Calcul du **volume thyroïdien** ‣ Appréciation de l'échogénicité glandulaire globale (thyroïdite) ‣ Description de **nodules thyroïdiens** : taille, nombre, localisation, échogénicité (anéchogène kystique, hypo-, iso- ou hyperéchogène tissulaire), caractère homogène ou hétérogène, vascularisation en doppler (centrale, périphérique), évolution au cours du temps ‣ Recherche d'**adénopathie cervicale** ‣ Recherche de **nodule parathyroïdien**, situé en position habituelle (en arrière de la thyroïde) ou ectopique (médiastin supérieur), les glandes parathyroïdes n'étant pas visibles en échographie à l'état physiologique
Radiographie de thorax, voir TDM ou IRM cervico-thoracique	‣ Suspicion de **goitre compressif** ‣ **Bilan préopératoire** d'un goitre plongeant	‣ Goitre plongeant dans le médiastin, **déviation** et **réduction de calibre** de la trachée ‣ Analyse des **rapports vasculaires** (TDM, IRM)
Scintigraphie thyroïdienne à l'iode-123, au technétium-99m, rarement au thallium-201	‣ Exploration de **nodules** thyroïdiens tissulaires **de plus de 10 mm** ‣ Exploration d'une **hyperthyroïdie** ‣ Rarement, exploration d'une **hypothyroïdie** (en deuxième intention) ‣ Exploration de **thyroïdites**	Anomalie **globale** ou **localisée** de la fixation thyroïdienne (*voir encadré « Important » page 491*)
Scintigraphie parathyroïdienne au MIBI (couplée à une scintigraphie thyroïdienne au technétium)	Exploration d'une **hyperparathyroïdie** primitive ou secondaire (recherche d'adénome parathyroïdien)	Foyer d'**hyperfixation** en regard de la position habituelle des glandes parathyroïdes, ou en position ectopique (médiastinale)
Scintigraphie corps entier à l'iode-131	**Suivi des cancers différenciés** de la thyroïde	**Récidives locorégionales** et **localisations secondaires** du cancer thyroïdien hyperfixantes

2 Imagerie typique

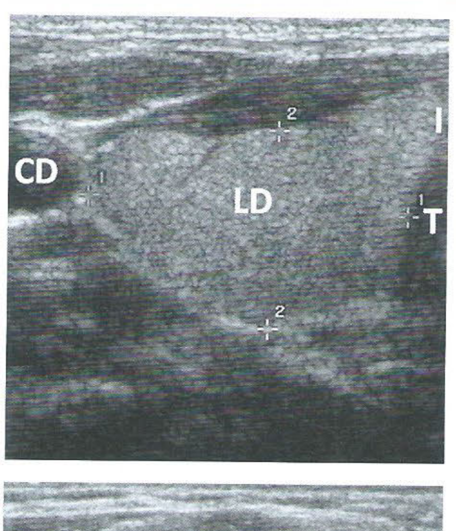
IMPORTANT

Quelques images scintigraphiques typiques (scintigraphies à l'iode et au technétium)

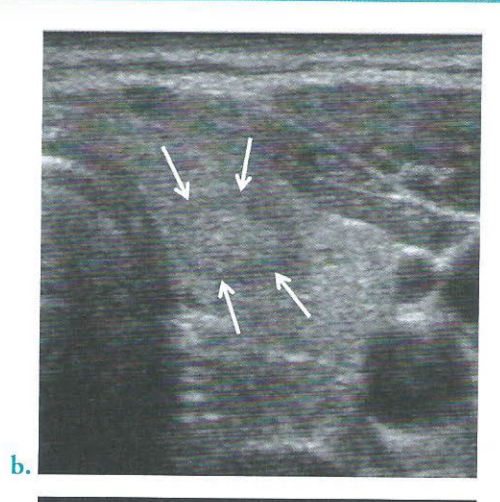
Elles sont les suivantes :

- **scintigraphie « blanche »** (absence de fixation thyroïdienne) : retrouvée en cas d'hyperthyroïdie par surcharge iodée, de thyroïdite subaiguë (postpartum, De Quervain), de thyrotoxicose factice (prise cachée d'hormone thyroïdienne) ;
- **hyperfixation globale diffuse**, **homogène** et **précoce** : retrouvée dans la maladie de Basedow ;
- image scintigraphique **en damier** : aspect de la thyroïdite chronique d'Hashimoto ;
- **nodule hyperfixant :** aussi appelé « nodule chaud », il peut être extinctif (le reste du parenchyme thyroïdien devient non fixant, « invisible »). Ces nodules hyperfixants sont exceptionnellement malins ;
- **nodule hypofixant** : nodule fixant peu le traceur, appelé « nodule froid » en cas d'absence complète de fixation. Un nodule froid doit bénéficier d'une cytoponction (10 % des nodules froids étant malins).

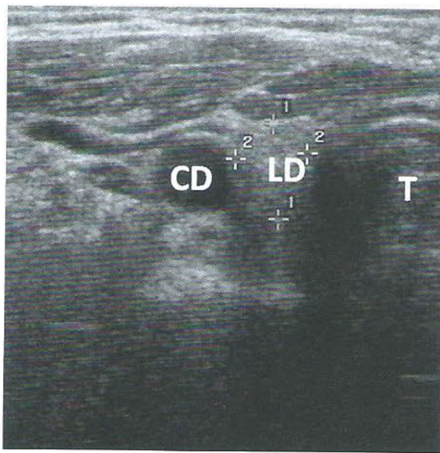
a.



b.



c.



d.

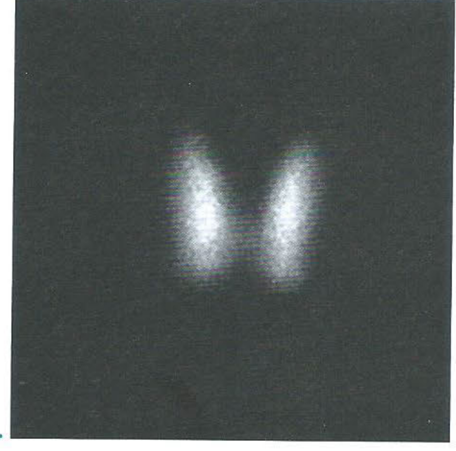
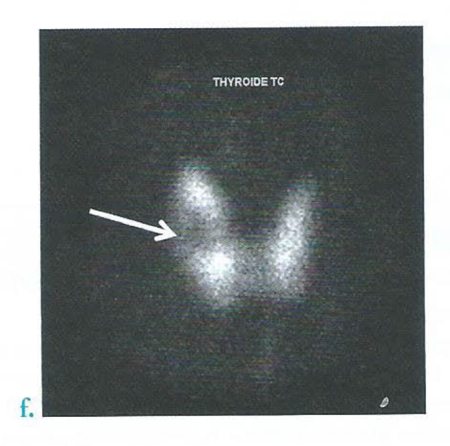


Figure 320 - Pathologie thyroïdienne

a. échographie de la thyroïde normale, lobe droit, coupe axiale : LD : lobe thyroïdien droit ; I : isthme ; CD : carotide commune droite ; T : trachée ; **b.** échographie de la thyroïde, lobe gauche, coupe axiale. Nodule iso-échogène avec halo hypo-échogène (flèches) ; **c.** échographie de la thyroïde, lobe droit, coupe axiale. Atrophie thyroïdienne (comparer par rapport à l'image a) dans le cadre d'une thyroïdite chronique d'Hashimoto ; **d.** scintigraphie thyroïdienne au technetium normale. Hyperfixation homogène des lobes thyroïdiens.

e.



f.

Figure 320 (suite) - Pathologie thyroïdienne

e. scintigraphie thyroïdienne au technetium. Nodule hyperfixant droit (flèche). Le reste du parenchyme thyroïdien n'est pas visible : nodule « chaud » extinctif ; f. scintigraphie thyroïdienne au technetium. Nodule hypofixant droit (flèche) au sein d'un parenchyme fixant normalement le traceur.

Chapitre 30

Cancers de la cavité buccale et des voies aérodigestives supérieures

Item n° 295. Tumeurs de la cavité buccale, naso-sinusiennes et du cavum, et des voies aérodigestives supérieures

1 Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit du **4e cancer en fréquence chez l'homme** (dixième chez la femme). L'âge moyen de survenue est de 55 ans. En fonction de leur anatomopathologie et de leur épidémiologie, on distingue deux groupes de tumeurs :

- les **cancers de la cavité buccale**, de **l'oropharynx**, **de l'hypopharynx et du larynx** (prédominants). Il s'agit dans la grande majorité des cas de carcinomes épidermoïdes, liés à l'intoxication alcoolo-tabagique. Les **extensions ganglionnaires** sont **fréquentes** (adénopathies cervicales, sauf pour les localisations aux cordes vocales), tandis que les **métastases solides** sont **plus rares** (pulmonaires, hépatiques, cérébrales, osseuses). Il faut systématiquement rechercher une **seconde localisation tumorale** synchrone (de la filière ORL, broncho-pulmonaire ou œsophagienne) ;
- les **cancers du nasopharynx** (rares), qui sont le plus souvent des **carcinomes indifférenciés**, liés au virus d'Epstein Barr (aussi appelé UCNT, en anglais : *Undifferentiated Carcinoma of Nasopharyngeal Type*), touchent des sujets plus jeunes, originaires en général de zones endémiques (Sud-Est asiatique, Maghreb). Il existe également des lymphomes et des carcinomes épidermoïdes.

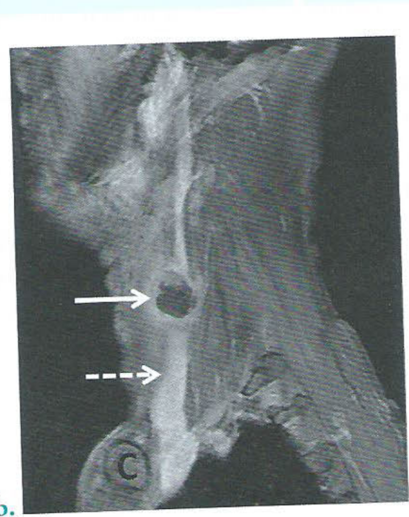
Dans les deux cas, le diagnostic est **histologique** sur un prélèvement biopsique réalisé le plus souvent au cours d'une endoscopie des voies aérodigestives supérieures.

2 Imagerie

Les indications et résultats de l'imagerie dans les cancers de la cavité buccale et des voies aérodigestives supérieures sont résumés dans le tableau page suivante.

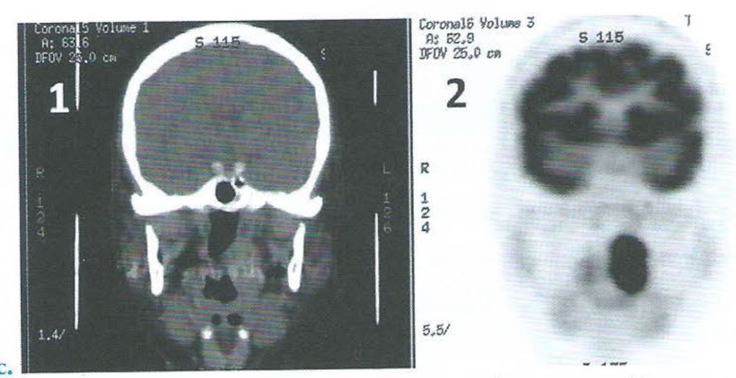
Méthode d'exploration	Indications	Buts et résultats
TDM cervicale avec injection de produit de contraste	▸ **Bilan d'extension** local et régional en première intention ▸ **Surveillance**	▸ **Localisation** et **taille** de la lésion tumorale, **extension locale** aux structures de voisinage, non visible à l'examen clinique (extension aux parties molles mieux vue en IRM, extension osseuse mieux vue en TDM) ▸ **Adénopathies** cervicales
IRM cervicale Avec injection de produit de contraste	▸ **Bilan d'extension** local et régional, surtout pour les tumeurs du naso-pharynx, de la cavité buccale et de l'oropharynx ▸ **Surveillance**	
TEP-TDM au 18-FDG	▸ **Bilan d'extension** général en cas de tumeur localement avancée **Suivi de l'efficacité thérapeutique** en cas de traitement non chirurgical **Surveillance** après traitement chirurgical ▸ **Recherche de tumeur** primitive devant une adénopathie cervicale avec endoscopie des voies aéro-digestives supérieures normale	▸ Fixation et taille de la tumeur connue ▸ Recherche de **deuxième localisation**, d'envahissement **ganglionnaire**, de **métastases** à distance ▸ Évolution tumorale sous traitement
TDM thoracique	**Bilan d'extension** à distance et recherche de tumeur bronchique primitive associée en première intention	▸ **Métastases pulmonaires** sous forme de nodules unique ou multiples, pouvant être excavés ▸ **Cancer bronchique primitif** synchrone
TDM ou échographie hépatique, scintigraphie osseuse, TDM cérébrale	**Sur point d'appel**	Lésions secondaires **hépatiques**, **osseuses** et **cérébrales**

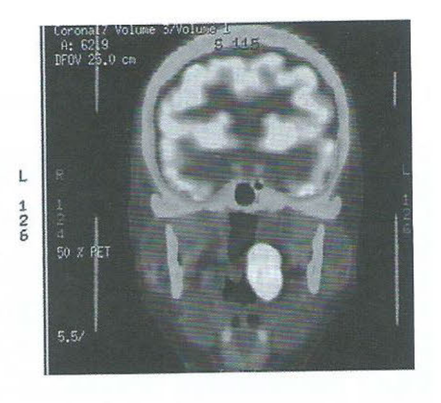
a.



b.

Figure 321 - Cancers des voies aérodigestives supérieures
a. TDM cervicale avec injection de produit de contraste, coupe axiale. Tuméfaction irrégulière polylobée de l'amygdale palatine gauche (flèche). Cancer de l'oropharynx ; **b.** IRM cervicale, coupe parasagittale gauche, séquence T1 après injection de produit de contraste et saturation de la graisse. Formation arrondie (flèche pleine) le long de l'artère carotide primitive gauche (flèche pointillée), avec prise de contraste périphérique. C = clavicule gauche. Adénopathie jugulo carotidienne gauche secondaire à cancer de l'hypopharynx.





c.

Figure 321 (suite) - Cancers des voies aérodigestives supérieures

c. TEP-TDM au 18-FDG, reconstructions coronales centrées sur la face (même patient que a) : 1 : image TDM ; 2 : image scintigraphique ; 3 : image fusionnée. Hyperfixation de l'amygdale palatine gauche (en noir sur l'image 2). Fixation cérébrale physiologique.

3 Classification TNM (2009)

Le « T » dépend de la localisation de la tumeur. Les « N » et « M » sont communs aux cancers des voies aéro-digestives supérieures.

« T » des tumeurs de la cavité buccale, de l'oropharynx et de l'hypopharynx (des classifications plus précises du T existent pour chaque localisation) :

T	T1 : tumeur ≤ 2 cm dans son plus grand axe
	T2 : tumeur > 2 cm mais ≤ 4 cm dans son plus grand axe
	T3 : tumeur > 4 cm dans son plus grand axe
	T4 : tumeur envahissant les structures adjacentes

« T » pour les cancers du nasopharynx :

T	T1 : tumeur limitée au nasopharynx
	T2 : tumeur étendue aux tissus mous de l'oropharynx ou des fosses nasales
	T3 : tumeur envahissant les structures osseuses ou les cavités aériennes de la face
	T4 : tumeur avec extension intracrânienne, atteinte des nerfs crâniens, envahissement de la fosse infratemporale, de l'orbite ou de l'hypopharynx

« T » pour les cancers du larynx :

Le « T » des cancers du larynx dépend de l'étage du cancer (sus-glottique, glottique ou sous-glottique).

T	T1	Glotte : tumeur limitée à la glotte sans trouble de la mobilité
		Sus-glotte : tumeur limitée à un site sans trouble de la mobilité
		Sous-glotte : tumeur limitée à la sous glotte sans trouble de la mobilité
	T2	Glotte : tumeur limitée à la glotte avec diminution de la mobilité et/ou extension à la sus glotte et/ou à la sous glotte
		Sus-glotte : tumeur étendue à plus d'un site ou à un site adjacent sans fixation de la corde
		Sous-glotte : tumeur étendue à l'étage glottique
	T3	Glotte : tumeur avec corde fixée et/ou extension à l'espace paraglottique et/ou érosion du cartilage thyroïde
		Sus-glotte : tumeur avec corde fixée et/ou extension à l'espace paraglottique ou pré épiglottique et/ou érosion du cartilage thyroïde
		Sous-glotte : tumeur avec corde fixée
	T4	Glotte, Sus-glotte, Sous-glotte : tumeur avec extension à travers le cartilage thyroïde aux organes de voisinage

« N » et « M » communs :

N	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale
	N1 : envahissement d'un seul ganglion homolatéral ≤ 3 cm
	N2a : envahissement d'un seul ganglion homolatéral > 3 cm et ≤ 6 cm
	N2b : envahissement de ganglions multiples homolatéraux ≤ 6 cm
	N2c : envahissement de ganglions bilatéraux ou controlatéraux ≤ 6 cm
	N3 : envahissement de ganglions > 6 cm
M	M0 : pas de métastase à distance
	M1 : métastase à distance

Sous-partie 8

Gynécologie-obstétrique

Les indications de l'imagerie en gynécologie et en obstétrique sont larges.
Dans cette sous-partie seront résumées les pathologies les plus courantes (notamment tumorales), dans lesquelles l'imagerie occupe une place importante.

Chapitre 31

Urgences gynécologiques et obstétricales du premier trimestre

Item n° 22. Grossesse normale
Item n° 24. Grossesse extra-utérine
Item n° 39. Algies pelviennes chez la femme

Devant une douleur pelvienne aiguë, pour laquelle on suspecte une origine gynécologique, le premier examen d'imagerie à pratiquer est **l'échographie pelvienne** (par voie abdominale suspubienne et endovaginale). Le tableau suivant résume les principales pathologies à rechercher, en corrélation avec l'examen clinique.

Diagnostic suspecté	Aspects échographiques
Grossesse extra-utérine (GEU) : diagnostic à éliminer en priorité chez une femme en âge de procréer	▸ Utérus **gravide** (augmenté de taille, avec un endomètre épaissi) sans sac ovulaire malgré un taux de B-HCG supérieur à 1 000 UI/L ▸ **Masse tubaire** de contenu échogène hétérogène (hématosalpinx) ▸ **Épanchement** échogène intrapéritonéal (hémopéritoine) ▸ Parfois sac gestionnel extra-utérin visible, avec vésicule ombilicale, voire embryon avec activité cardiaque ▸ Présence d'un corps jaune dans l'ovaire du côté de la GEU
Fausse couche spontanée précoce	Sac gestationnel **intra-utérin affaissé**, **sans activité cardiaque**
Nécrobiose de léiomyome utérin	Léiomyome volumineux, **hypo-échogène**, **faiblement vascularisé** en doppler. Facteur favorisant : grossesse intra-utérine
Torsion d'annexe	▸ Ovaire **augmenté de taille** (avec asymétrie comparativement au côté controlatéral), **déplacé** sur la ligne médiane ▸ Parfois **disparition de la vascularisation** artérielle en doppler ▸ **Épanchement** liquidien intrapéritonéal ▸ Dans la grande majorité des cas, l'ovaire est **porteur d'un kyste** (ou parfois la torsion est secondaire à une stimulation ovarienne)
Hémorragie intrakystique	▸ **Kyste fonctionnel hémorragique** : kyste annexiel à contenu finement échogène ▸ **Kyste lutéal** (du corps jaune) **hémorragique** : kyste annexiel de taille variable, présentant une hypervascularisation périphérique en doppler, contenu finement échogène
Rupture de kyste	▸ Complique une hémorragie intrakystique ▸ **Kyste ovarien** arrondi ou ovalaire (partiellement affaissé), parfois non visible ▸ **Épanchement** échogène intrapéritonéal (hémopéritoine) ▸ de grande abondance
Infections utéro-annexielles	▸ **Endométrite** : utérus augmenté de volume, épaississement endométrial, contenu intraluminal ▸ Pyosalpinx (souvent bilatéraux) : collections annexielles tubulées, à parois épaisses et contenu échogène ▸ **Abcès tubo-ovariens** (souvent bilatéraux) : masse annexielle de contenu hétérogène, mal limitée (parfois difficile à distinguer du **pyosalpinx**)

TDM et **IRM pelviennes** sont des **examens de deuxième intention**, lorsque le diagnostic n'a pu être posé en échographie (nécrobiose de léiomyome, rupture de kyste).

IMPORTANT
Imagerie au cours de la grossesse

Surveillance fœtale

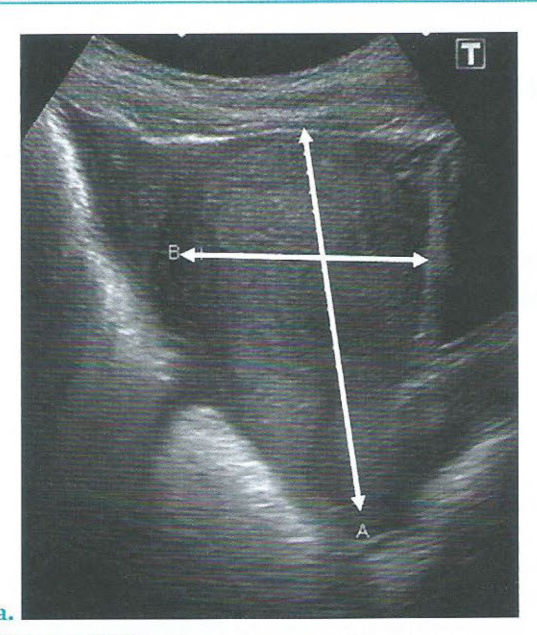
Elle a lieu lors des trois échographies recommandées (une par trimestre), dont les buts sont expliqués dans la partie « Indications, contre-indications et déroulement de l'échographie » page 94. L'échographie sert également à vérifier le bien-être fœtal lors de tout événement intercurrent (obstétrical ou extraobstétrical). Dans des cas spécialisés (exploration de malformations), une IRM fœtale peut être pratiquée.

Complications obstétricales

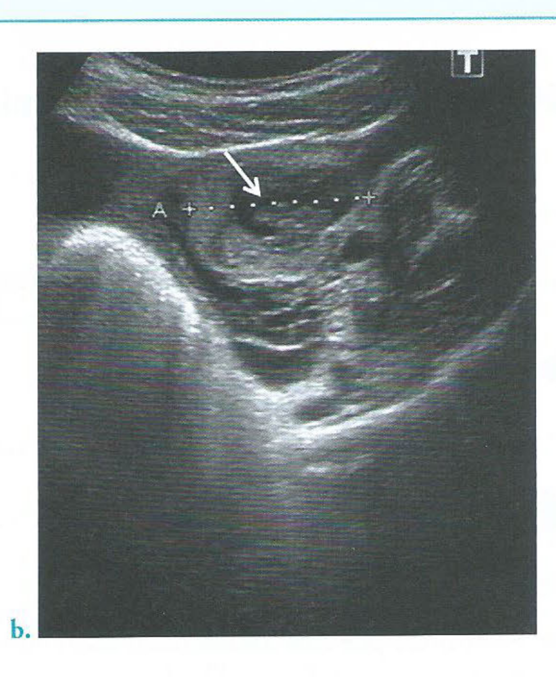
L'échographie est également l'examen de première intention (recherche de racourcissement du col en cas de menace d'accouchement prématuré, diagnostic de décollement placentaire, de placenta praevia...).

Pathologies extraobstétricales pouvant être favorisées par la grossesse

Pyélonéphrite aiguë, embolie pulmonaire, appendicite... On privilégie bien sûr les examens non irradiants (échographie, IRM). Les rayonnements ionisants sont utilisés après une appréciation approfondie du rapport bénéfice/risque *(voir « Radioprotection », page 63)*.



a.



b.

Figure 322 - Grossesse extra-utérine

Échographie pelvienne par voie sus-pubienne. Taux de béta HCG à 56 000 UI/l. **a.** utérus (doubles flèches) sans sac ovulaire décelable ; **b.** (même patiente que **a.**). masse latéro utérine à contenu hétérogène (flèche).

Chapitre 32
Pathologie utérine

Item n° 34. Anomalies du cycle menstruel. Métrorragies
Item n° 37. Stérilité du couple : conduite de la première consultation
Item n° 39. Algies pelviennes chez la femme
Item n° 297. Tumeurs du col utérin, tumeur du corps utérin

1 Léiomyome utérin

Le terme **léiomyome** est à préférer au terme de fibrome, impropre.

1.1 Anatomopathologie et épidémiologie

C'est une **tumeur musculaire bénigne**, développée aux dépens du myomètre. Sa prévalence est élevée (jusqu'à 50 % des femmes de plus de 50 ans).
Souvent **asymptomatique**, il est parfois responsable d'**anémie chronique** (ménométrorragies), plus rarement de compression extrinsèque (voies urinaires).

1.2 Imagerie

Elle porte le **diagnostic positif**, fait le **bilan lésionnel** et oriente la **prise en charge thérapeutique**.

1.2.1 Modalités

Échographie pelvienne

Elle est réalisée par voie abdominale suspubienne et endovaginale. C'est l'**examen de première intention**, souvent suffisant. Elle fait de diagnostic positif et le bilan préthérapeutique (évaluation des possibilités de résection hystéroscopique).

IRM pelvienne

C'est un examen de deuxième intention, réalisé en cas de léiomyomes multiples ou de grande taille, dont la cartographie est impossible à réaliser en échographie. L'intérêt est également préthérapeutique.

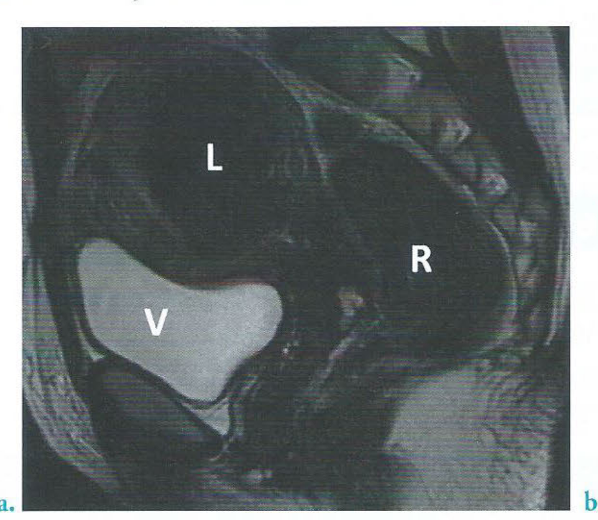
Pour aller plus loin

Hystérosonographie

C'est une échographie couplée à l'injection de sérum physiologique dans la cavité utérine, pour décoller les surfaces endométriales. Elle permet de mieux distinguer le développement intracavitaire des léiomyomes sous-muqueux.

1.2.2 Signes positifs

Masse développée **aux dépens du myomètre**, dont la situation peut être **sous-muqueuse**, **intramurale** (interstitielle) ou **sous-séreuse.**
Le **nombre**, la **taille** et la **situation** des différents myomes doivent être notés.

a. 

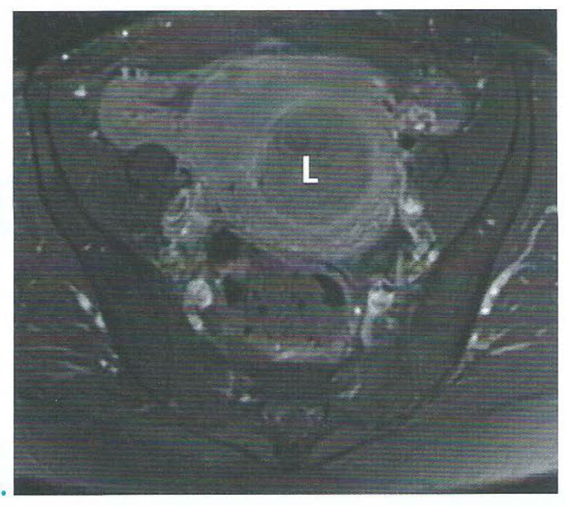
b. 

Figure 323 - Léiomyome utérin en IRM pelvienne
a. coupe axiale, séquence T2. Léiomyome utérin sous muqueux en hyposignal T2 (« L »), en avant : vessie (« V »), en arrière : rectum (« R ») ; **b.** coupe axiale, séquence T1 avec saturation de la graisse et injection de produit de contraste. Léiomyome (« L ») moins rehaussé que le myomètre adjacent.

2 Adénomyose et endométriose

Ce sont des pathologies fréquentes, responsables de douleurs pelviennes et/ou d'infertilité.

Imagerie de l'adénomyose et de l'endométriose

	Adénomyose	Endométriose
Anatomopathologie	‣ Présence de **glandes endométriales**, restant en communication avec la cavité utérine le plus souvent, **au sein du myomètre** ‣ S'associe en général à une hyperplasie et une hypertrophie myométriales réactionnelles	‣ Présence de **tissu endométrial fonctionnel** (glandes et stroma) **en dehors de la cavité utérine** ‣ Trois types : endométriose péritonéale superficielle, sous-péritonéale profonde (rétropéritoine, vagin, vessie, rectum…) et kyste endométriosique de l'ovaire
Terrain préférentiel	‣ Femmes de 40 à 50 ans	‣ Femmes en âge de procréer
	‣ Maladies fréquentes (mais prévalence difficile à estimer)	
Imagerie	‣ **Échographie pelvienne** en première intention (utérus globuleux hétérogène) ‣ **IRM pelvienne** en seconde intention (serait plus sensible et plus spécifique) ‣ **Hystérosalpingographie** en cas d'échec des précédentes méthodes car invasive (diverticules endométriaux dans le myomètre)	‣ **Échographie pelvienne** en première intention (suffisante pour le kyste endométriosique : « kyste » à contenu finement échogène homogène) ‣ **IRM pelvienne** en seconde intention (endométriose profonde) ‣ Parfois **écho-endoscopie rectale** (endométriose profonde)

IMPORTANT
Bilan d'imagerie devant une infertilité féminine

En complément du bilan clinique et biologique, on réalise :

- **une échographie pelvienne** à la recherche d'anomalies de la morphologie utérine (malformations, léiomyomes volumineux…) ou ovarienne (atrophie, dystrophie kystique…) ;
- **une hystérosalpingographie**, afin de vérifier la perméabilité tubaire.

L'IRM pelvienne est un examen de deuxième intention, en cas d'anomalie échographique (par exemple : bilan d'extension d'une endométriose, d'une adénomyose, précision d'une malformation utérine…).

3 Cancers du col utérin et de l'endomètre

Les tableaux suivants résument les modalités de l'imagerie pour le cancer du col utérin et de l'endomètre, et rappellent la classification FIGO.

Imagerie pour les cancers du col utérin et de l'endomètre

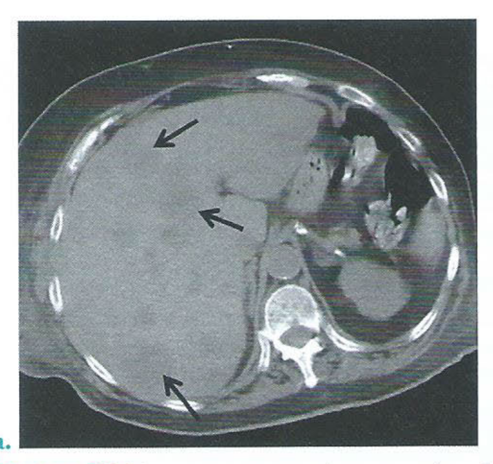
	Cancer du col utérin	Cancer de l'endomètre
Anatomopathologie et épidémiologie	‣ **Carcinome épidermoïde** ‣ **Onzième cancer** solide en fréquence chez la femme, survenant en moyenne plus tôt que les autres cancers gynécologiques (50 ans) ‣ Extension **locale** vers le **vagin**, les **paramètres**, la **vessie**, la **cloison rectovaginale** et plus rarement le rectum ‣ **Extension ganglionnaire iliaque** externe, iliaque commune, **lombo-aortique** ‣ Extension **métastatique pulmonaire** et **osseuse**	‣ **Adénocarcinome** (sarcome rare) ‣ **Quatrième cancer** solide en fréquence chez la femme, avec un âge moyen de survenue de 60 à 65 ans ‣ Extension **locorégionale** en surface et en profondeur dans le **myomètre**, puis vers le **vagin**, les **trompes**, les **ovaires** ‣ Extension **ganglionnaire iliaque** commune et **lombo-aortique** ‣ Les sites **métastatiques** les plus fréquents sont **hépatiques**, **pulmonaires** et **osseux**
Modalités d'imagerie	‣ Le diagnostic est **histologique** sur un prélèvement biopsique. ‣ L'imagerie sert au **bilan d'extension initial**, et pour la **surveillance** au cas par cas.	
IRM pelvienne	Examen devenu **indispensable** pour le bilan d'extension local et régional (ganglionnaire), à visée préthérapeutique, au-delà du score IA2 FIGO, et parfois pour le suivi	Examen devenu **indispensable** pour l'appréciation de la pénétration myométriale et l'extension ganglionnaire
Échographie pelvienne	Non indiquée	‣ Examen réalisé **en première intention** devant des métrorragies postménopausiques, avec parfois découverte d'un endomètre épaissi, irrégulier en faveur d'un adénocarcinome ‣ Peut être utilisée pour le **bilan d'extension** local, mais moins performante que l'IRM
TDM abdomino-pelvienne	**Peut être indiquée** pour réaliser le bilan d'extension initial ganglionnaire et métastatique dans les cancers du col utérin de stade avancé (stade IB2 et plus FIGO)	**Peut être indiquée** dans le bilan d'extension du cancer de l'endomètre en cas de risque élevé de cancer métastatique
TEP-TDM au 18-FDG	**Peut être indiquée** pour réaliser le bilan d'extension initial ganglionnaire et métastatique dans les cancers du col utérin de stade avancé (stade IB2 et plus FIGO)	**Peut être indiquée** dans le bilan d'extension du cancer de l'endomètre en cas de risque élevé de cancer métastatique.
Autres examens	**Plus d'indication de l'urographie intraveineuse**	**TDM thoracique** sur point d'appel

Classification FIGO : cancer du col utérin (2009)

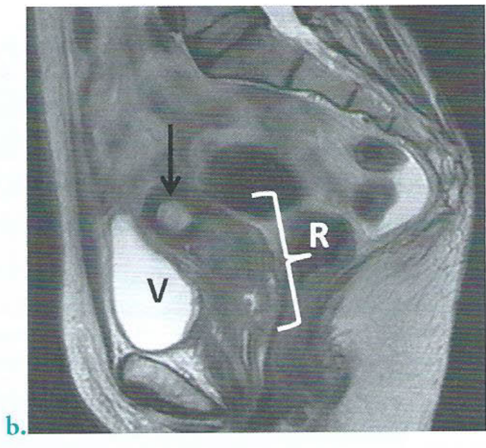
Stade I : limité au col utérin
IA : cancer micro-invasif (diagnostic uniquement microscopique) ne dépassant pas 5 mm de profondeur et 7 mm en largeur
IA1 : moins de 3 mm de profondeur, extension horizontale ≤ 7 mm
IA2 : moins de 5 mm de profondeur, extension horizontale ≤ 7 mm
IB : lésion microscopique dépassant le stade IA ou visible macroscopiquement
IB1 : lésion de moins de 4 cm
IB2 : lésion de plus de 4 cm
Stade II : extension au-delà du col sans atteinte de la paroi pelvienne ni du tiers inférieur du vagin, pas d'adénopathie régionale
IIA : atteinte des deux tiers supérieurs du vagin
IIB : atteinte des paramètres
Stade III : extension au tiers inférieur du vagin, à la paroi pelvienne (y compris hydronéphrose)
IIIA : atteinte du tiers inférieur du vagin
IIIB : extension à la paroi pelvienne, hydronéphrose ou rein muet
Stade IV : envahissement vésical, rectal ou en dehors du petit bassin
IVA : atteinte des organes adjacents
IVB : métastases à distance (y compris ganglions lombo-aortiques)

Classification FIGO : cancer de l'endomètre (2009)

Stade I : limité au corps utérin
IA : limité à l'endomètre
IB : invasion de moins de 50 % du myomètre
IC : invasion de plus de 50 % du myomètre
Stade II : atteinte du col
IIA: atteinte glandulaire de l'endocol
IIB : atteinte du stroma du col
Stade III : extension au-delà de l'utérus, limitée au pelvis
IIIA : atteinte de la séreuse, des annexes ou prélèvements péritonéaux positifs
IIIB : envahissement vaginal
IIIC : métastases ganglionnaires pelviennes et/ou lombo-aortiques
Stade IV : envahissement vésical, rectal ou à distance
IVA : atteinte de la vessie ou du rectum
IVB : métastases à distance



a.



b.

Figure 324 - Cancers de l'endomètre et du col utérin

a. TDM abdominale sans injection, coupe axiale. Multiples hypodensités hépatiques (les plus volumineuses signalées par les flèches), correspondant à des lésions secondaires d'un cancer de l'endomètre ; b. IRM pelvienne, coupe sagittale, séquence T2 : V = vessie ; R = rectum. Tumeur du col utérin sous forme d'une masse hétérogène (accolade) s'étendant au vagin, et responsable d'une rétention dans la cavité utérine (flèche).

Chapitre 33
Pathologie ovarienne

Item n° 303. Tumeurs de l'ovaire

1 Kyste ovarien

1.1 Anatomopathologie et épidémiologie

Il existe deux types de kystes ovariens :

- **kystes ovariens fonctionnels**. Ils correspondent à des follicules préovulatoires ou anovulatoires, ou à des corps jaunes. Ils sont fréquents, surtout chez la femme non ménopausée. Ils **régressent spontanément** dans 90 % des cas, leur diagnostic s'effectue donc en constatant leur disparition sur un examen répété trois mois plus tard ;
- **kystes ovariens organiques** (donc non fonctionnels). Cette catégorie regroupe des tumeurs bénignes (95 % des cas) et malignes, qui sont principalement **épithéliales**.

1.2 Imagerie

Elle fait fréquemment la **découverte fortuite** d'un kyste ovarien (échographie pelvienne réalisée pour un symptôme gynécologique, TDM abdomino-pelvienne pour une indication extragynécologique…). Elle **fait le diagnostic de kyste fonctionnel** et **apporte des éléments de bénignité** ou de **malignité** devant un kyste organique.

1.2.1 Modalités

Échographie pelvienne

C'est l'examen de **première intention**, réalisé par voie abdominale suspubienne et endovaginale, couplée à une étude doppler.

TDM et IRM pelvienne

En deuxième intention, en cas de tumeur volumineuse (exploration échographique incomplète dans ce cas), et/ou pour préciser des éléments vus en échographie, elles sont réalisées en général avec injection de produit de contraste.

1.2.2 Signes positifs

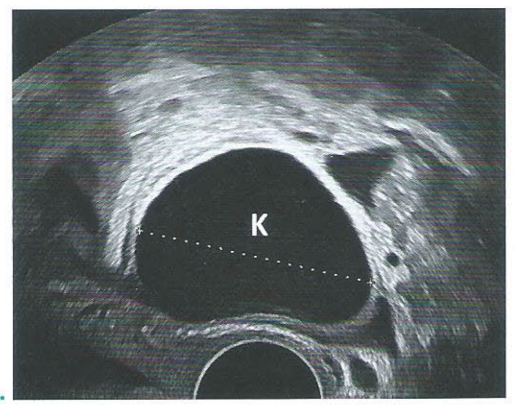
Le diagnostic de **kyste fonctionnel** est fait sur **la constatation de sa disparition**, sur un examen répété **trois mois plus tard**, éventuellement après freinage de l'ovulation (discuté).

Le tableau suivant résume les éléments d'orientation devant un kyste organique en échographie. Les élément pris isolément n'ont pas de valeur, il faut considérer l'ensemble des caractéristiques morphologiques de la lésion, et les corréler à des données cliniques et biologiques (âge, antécédents familiaux, marqueurs tumoraux…).

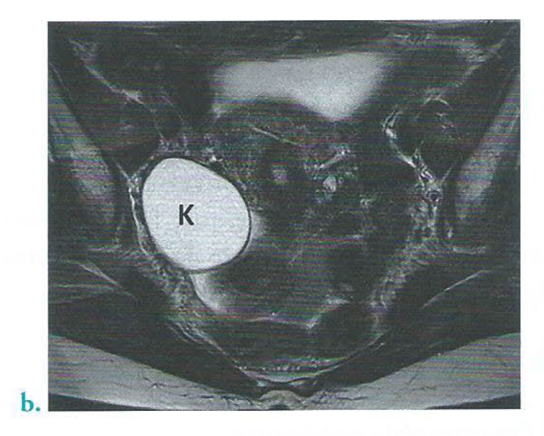
Signes d'orientation étiologique devant un kyste organique en échographie

	En faveur de la malignité	En faveur de la bénignité
Taille	Plus de 6 cm	Moins de 6 cm
Contenu	Mixte (solide + liquidien)	Liquidien pur (anéchogène)
Paroi	Épaisse et irrégulière	Fine et régulière
Cloisons intrakystiques	Nombreuses, épaisses	Absence ou cloisons fines
Végétations	Présence (endo- ou exokystiques)	Absence
Vascularisation	Doppler positif au centre de la lésion	Aucune, ou en périphérie de la lésion
Bilatéralité	Oui	Non

Certains kystes organiques bénins ont un **aspect typique** en imagerie (notamment le kyste dermoïde), permettant d'orienter la prise en charge.
À l'extrême, une lésion kystique ovarienne de grande taille, avec des portions solides, vascularisées, associée à de l'ascite, à des adénopathies est **manifestement maligne**. Dans ce cas la prise en charge est celle d'un cancer de l'ovaire.



a.



b.

c.

Figure 325 - Kystes ovariens d'aspect bénin
a. échographie pelvienne par voie endovaginale. Kyste (« K ») anéchogène, homogène, à parois fines et régulières, avec renforcement postérieur ; **b.** et **c.** IRM pelvienne (même patiente) ; **b.** coupe axiale, séquence T2, ; **c.** coupe coronale, séquence T1 avec saturation de la graisse et injection de produit de contraste. Kyste (« K ») ovarien droit de signal liquidien pur (hypersignal T2 intense, hyposignal T1), homogène, à parois fines et régulières, sans prise de contraste.

IMPORTANT
Syndrome de Demons Meig

C'est une entité clinique rare qui associe tumeur ovarienne bénigne et épanchement péritonéal et/ou pleural récidivant.

2 Cancer de l'ovaire

2.1 Anatomopathologie et épidémiologie

Il s'agit du **huitième cancer** solide en fréquence chez la femme. L'âge moyen au diagnostic est de 60 ans.
Il existe plusieurs types histologiques, mais le plus souvent il s'agit de **tumeurs épithéliales** (90 % des cas). Les cancers non épithéliaux (tumeurs germinales et du tissu endocrine) surviennent chez des patientes plus jeunes.
La première voie de dissémination tumorale est **péritonéale** (omentum, gouttières pariétocoliques, coupoles diaphragmatiques...). Les **adénopathies** sont **pelviennes** et **lombo-aortiques**. Les lésions **métastatiques** sont plus rares et intéressent le **poumon** et la **plèvre**, le **cerveau** et le **foie**.

IMPORTANT
Lésions ovariennes secondaires (syndrome de Krukenberg)

Ce sont des lésions rares, fréquemment bilatérales. La néoplasie primitive la plus souvent impliquée est gastrique mais elle peut aussi être colique, mammaire ou thyroïdienne.

2.2 Imagerie

L'imagerie permet parfois la découverte de **lésions ovariennes d'allure tumorale** (fortuitement ou secondairement à des complications), le diagnostic positif étant **histologique**. Elle fait le **bilan d'extension** et participe à la **surveillance.**

2.2.1 Modalités

Échographie pelvienne

C'est **l'examen de première intention** devant la suspicion de tumeur ovarienne. Elle est aussi utilisée pour la surveillance en cas de traitement conservateur.

IRM pelvienne

Réalisée avec injection de produit de contraste, elle est utilisée pour la **caractérisation** d'une masse suspecte ou indéterminée à l'échographie. Elle est aussi utilisée pour le bilan d'extension (si contre-indication à la TDM) et pour la surveillance, sur point d'appel (suspicion de récidive pelvienne).

TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste

Elle est réalisée en cas d'image évocatrice de cancer de l'ovaire, en échographie ou en IRM, pour le **bilan d'extension** (avec injection de produit de contraste). Elle est souvent couplée à une TDM thoracique. Elle est aussi utilisée pour la surveillance, sur point d'appel (suspicion de récidive thoracique ou abdominale).

TEP-TDM au 18-FDG

Elle est indiquée dans des **cas particuliers** pour le bilan d'extension (difficultés de prise en charge), et également en cas de suspicion de récidive (élévation du marqueur CA 125, imagerie morphologique douteuse, bilan préopératoire).

2.2.2 Signes positifs

Masse annexielle uni- ou bilatérale, **solide pure** (rarement), **kystique ou mixte**.
En cas de tumeur kystique ou mixte, la masse présente volontiers une **paroi** et des **cloisons** épaisses irrégulières, des **végétations intrakystiques** vascularisées.

2.2.3 Extension

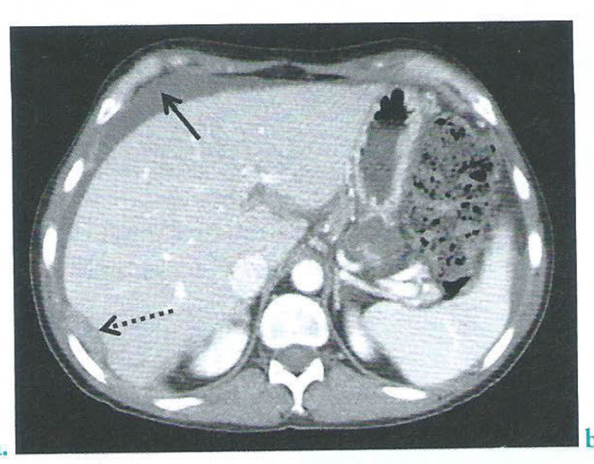
- **Extension péritonéale** : **ascite** (épanchement liquidien intrapéritonéal), **nodules de carcinose** (nodules péritonéaux de contours souvent mal définis).
- **Extension ganglionnaire** : adénopathies **pelviennes** et **lombo-aortiques**.
- **Extension à distance** : **nodules pulmonaires**, **épanchement pleural**, **lésions hépatiques** focales rehaussées par le produit de contraste…

2.2.4 Complications

Occlusion intestinale et **hydronéphrose** secondaires à la carcinose.

Classification FIGO : cancer de l'ovaire (2009)

Stade I : limité aux ovaires
IA : atteinte d'un seul ovaire, capsule intacte
IB : atteinte de deux ovaires, capsule intacte
IC : rupture capsulaire, extension tumorale à la surface de l'ovaire ou cytologie péritonéale positive
Stade II : tumeur ovarienne étendue au pelvis
IIA: extension à l'utérus et/ou aux trompes
IIB : extension aux autres organes pelviens
IIIC : IIa ou IIB + cytologie péritonéale positive
Stade III : métastases péritonéales extrapelviennes et/ou adénopathies
IIIA : métastases péritonéales microscopiques
IIIB : métastases péritonéales macroscopiques inférieures à 2 cm
IIIC : métastases péritonéales macroscopiques supérieures à 2 cm et/ou adénopathies envahies
Stade IV : métastases à distance (autres que péritonéales)



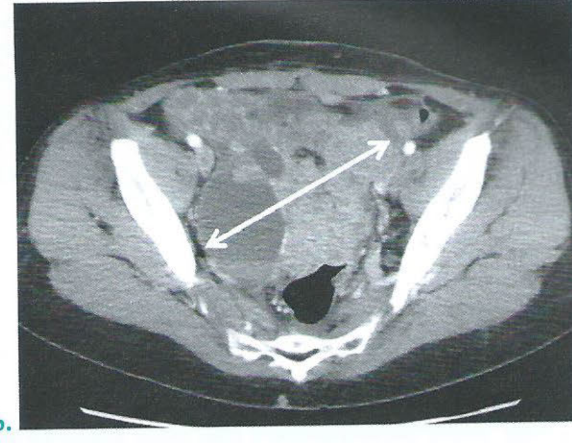


Figure 326 - Cancer de l'ovaire
TDM abdomino-pelviennes avec injection de produit de contraste, coupes axiales : a. coupe hépatique. Lésion hypodense sous capsulaire du foie (flèche pointillée) : implant de carcinose. Épanchement liquidien hypodense péri-hépatique (flèche pleine) : ascite ; b. coupe pelvienne (même patiente que a.) Masse hétérogène (double flèche), avec composante liquidienne hypodense (à droite) et composante solide rehaussée par le produit de contraste (à gauche). Tumeur ovarienne maligne avec carcinose péritonéale.

Chapitre 34
Cancer du sein

Item n° 309. Tumeurs du sein

1 Anatomopathologie et épidémiologie

C'est le **cancer le plus fréquent chez la femme**. Il survient dans la majorité des cas autour de 60 ans. Le type histologique principal est l'**adénocarcinome**. L'extension se fait **localement**, par **voie lymphatique** vers les relais **axillaires**, et à **distance** fréquemment vers l'**os**, le **foie** et le **poumon**.

2 Imagerie

L'imagerie **oriente vers une lésion tumorale** devant une masse palpable ou non cliniquement (mammographie de dépistage), le diagnostic positif étant **histologique** sur prélèvement biopsique (souvent guidé par imagerie). Elle fait le **bilan d'extension** et participe à la **surveillance.**

2.1 Modalités

2.1.1 Mammographie

C'est l'examen de **dépistage** et **de première intention** devant un nodule mammaire palpable cliniquement. Elle est aussi utilisée pour la surveillance post-thérapeutique (sein traité si traitement conservateur et sein controlatéral). Enfin, il est possible de réaliser des biopsies par guidage stéréotaxique (microcalcifications).

2.1.2 Échographie mammaire

C'est un examen complémentaire à la mammographie utile pour aider à caractériser une lésion vue en mammographie, en cas de seins denses (chez la femme jeune), ou d'anomalie clinique sans traduction échographique. Elle peut également guider des prélèvements biopsiques, et explore les aires ganglionnaires axillaires et susclaviculaires.

2.1.3 IRM mammaire

L'examen est **réservé à des situations précises**, à but de dépistage (patientes à haut risque présentant une mutation BRCA1 ou BRCA2, ou un antécédent d'irradiation thoracique avant 30 ans), de diagnostic (bilan d'une adénopathie axillaire isolée sans anomalie mammographique), préthérapeutique (bilan

d'extension local dans certains cas particuliers), ou de suivi (évaluation de l'efficacité d'une chimiothérapie néoadjuvante, recherche de rechute postchirurgicale).

2.1.4 TDM thoraco-abdomino-pelvienne, scintigraphie osseuse

Elles sont indiquées pour le **bilan d'extension**, pour les tumeurs infiltrantes supracentimétriques et/ou N+ et/ou à grade histopronostic élevé. Elles sont réalisées sur point d'appel pour la surveillance. La TDM est réalisée avec injection de produit de contraste.

2.1.5 TDM cérébrale

Elle est pratiquée **sur point d'appel** avec injection de produit de contraste.

2.1.6 Scintigraphie du ganglion sentinelle

Elle est utilisée pour la recherche du ganglion sentinelle **en cas de tumeur de petite taille**, avant la chirurgie.

2.1.7 TEP-TDM au 18-FDG

Elle est d'usage **non systématique**, et parfois utilisée pour le bilan d'extension (cancers inflammatoires, cancers localement avancés), pour l'évaluation thérapeutique et en cas de suspicion de récidive.

IMPORTANT
Mammographie de dépistage

Elle est proposée gratuitement à toutes les femmes de 50 à 74 ans, tous les 2 ans.
Elle comprend deux incidences pour chaque sein (incidences de face et oblique externe) et est combinée à un examen clinique des seins. Une deuxième lecture est réalisée en cas d'examen jugée normal ou en faveur d'une lésion bénigne.

2.2 Signes positifs

À la mammographie, certaines images sont évocatrices de **lésions malignes** :

- opacité **spiculée à centre dense**, ou opacité **mal circonscrites**, à **contours flous**, mal définis ;
- **microcalcifications punctiformes** nombreuses et irrégulières, ou en forme de bâtonnet (vermiculaires) ;
- **distorsion de l'architecture mammaire**.

Creusons le sujet
Classification BI-RADS de l'American College of Radiology (ACR)

C'est une classification d'origine nord américaine, actuellement employée en France, dont le but est de classer les anomalies mammaires décrites en imagerie (mammographie mais aussi échographie et IRM) selon leur probabilité de malignité.
La classification BI-RADS va de 0 à 6 :

- BI-RADS 0 est utilisé lorsque les informations fournies par l'examen sont insuffisantes (exemple du cliché de mammographie n'incluant pas toute la glande mammaire) ;
- BI-RADS 1 correspond à une imagerie mammaire strictement normale, BI-RADS 2 à une ou plusieurs images dont la bénignité peut être affirmée. À l'opposé, BI-RADS 5 décrit une lésion très suspecte de malignité ;
- Bi-RADS 6 désigne une lésion maligne histologiquement prouvée.

2.3 Extension

2.3.1 Extension ganglionnaire

Adénopathies **axillaires**, **mammaires internes**, **sus-** et **sous-claviculaires**.

2.3.2 Extension à distance

Nodules hépatiques prenant le contraste, **nodules pulmonaires**, **lésions osseuses** lytiques ou condensantes.

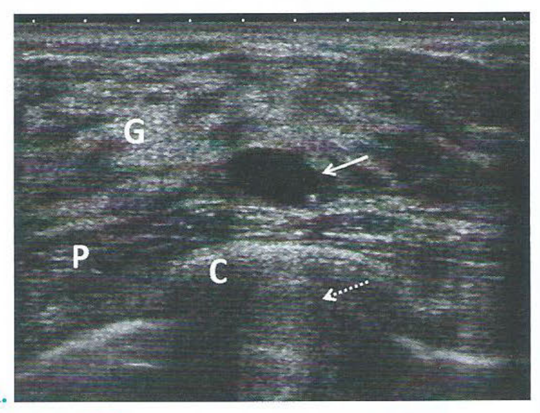
Classification TNM (2009)

Tumeur (T)	Tis : carcinome in situ, carcinome intracanalaire, carcinome lobulaire in situ, ou maladie de Paget du mamelon sans tumeur décelable	
	T1 : tumeur inférieure ou égale à 2 cm	T1mic : tumeur inférieure à 0,1 cm dans sa plus grande dimension
		T1a : tumeur > 0,1 cm et ≤ 0,5 cm dans sa plus grande dimension
		T1b : tumeur > 0,5 cm et ≤ 1 cm dans sa plus grande dimension
		T1c : tumeur > 1 cm et ≤ 2 cm dans sa plus grande dimension
	T2 : tumeur de plus de 2 cm et de moins de 5 cm	
	T3 : tumeur supérieure à 5 cm	a : sans fixation au fascia pectoral sous-jacent ni au muscle
		b : avec fixation au fascia pectoral sous-jacent et/ ou au muscle
	T4 : tumeur de toute taille avec extension directe à la paroi thoracique ou à la peau	T4a : extension à la paroi thoracique
		T4b : extension cutanée
		T4c : T4a + T4b
Ganglions (N)	N0 : pas de métastase ganglionnaire régionale	
	N1 : ganglions axillaires homolatéraux mobiles	N1a : considérés comme non envahis
		N1b : considérés comme envahis
	N2 : ganglions axillaires homolatéraux fixés entre eux ou à d'autres organes, ou ganglions mammaires internes en l'absence d'adénopathies axillaires cliniques	N2a : ganglions axillaires homolatéraux fixés
		N2b : ganglions mammaires internes homolatéraux cliniquement apparents sans adénopathies axillaires cliniques
	N3 : ganglions sous-claviculaires homolatéraux, mammaires internes homolatéraux avec adénopathies axillaires, ou ganglions sus-claviculaires (avec ou sans ganglions axillaires ou mammaires internes)	N3a : ganglions sous-claviculaires homolatéraux
		N3b : ganglions mammaires internes homolatéraux et adénopathies axillaires
		N3c : ganglions sus-claviculaires homolatéraux
Métastases viscérales (M)	M0 : pas de métastase à distance	
	M1 : présence de métastase(s) à distance	

Pour aller plus loin

Tumeurs mammaires bénignes

Elles sont dominées par les **adénofibromes** et les **kystes**. Elles sont explorées en imagerie après palpation d'un nodule mammaire, ou parfois sont découvertes fortuitement (dans le cadre du dépistage du cancer du sein). Les autres tumeurs sont moins fréquentes : tumeur phyllode, lipome, hamartome, papillome… Les examens utiles sont la mammographie et l'échographie. Dans une population de femmes jeunes, l'échographie est souvent d'un bon apport diagnostique (seins denses, rendant la mammographie moins facile à lire). La cytoponction à l'aiguille et la biopsie sous repérage échographique permettent un diagnostic cytologique ou histologique pour des lésions non typiques. La place de l'IRM n'est pas encore définie.



a.

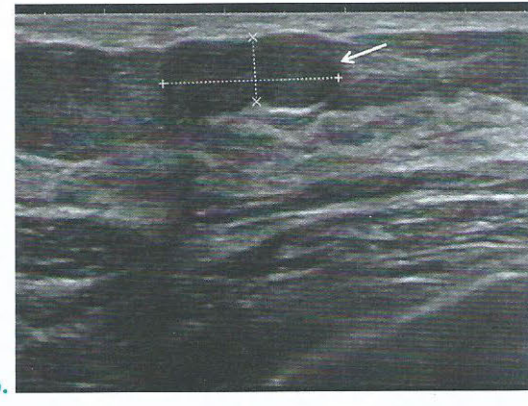

b.

Figure 327 - Lésions mammaires bénignes en échographie

a. formation anéchogène homogène bien limitée (flèche pleine), avec renforcement postérieur (flèche pointillée) : kyste mammaire. On visualise sur cette coupe : la glande mammaire (« G »), les muscles pectoraux (« P »), une côte (« C ») avec atténuation postérieure du faisceau ; **b.** formation hypoéchogène non liquidienne bien limitée (flèche), sans atténuation postérieure. Adénofibrome prouvé histologiquement par biopsie écho-guidée.

a.

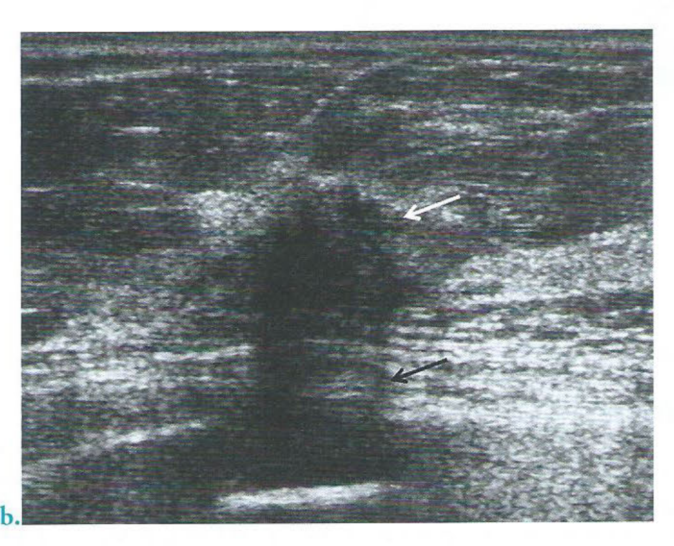

b.

Figure 328 - Cancers du sein

a. mammographie en incidence oblique externe : opacité à centre dense de contours spiculés (flèche blanche), se projetant en regard des quadrants inférieurs, de stade 5 dans la classification BI-RADS. Par ailleurs, présence d'une macrocalcification (flèche noire) et de calcifications plus petites de forme rubanée signant leur origine vasculaire ; **b.** échographie mammaire. Masse hétérogène de contours irréguliers (flèche blanche), atténuante (cône d'ombre postérieur, flèche noire), de stade 5 dans la classification BI-RADS.

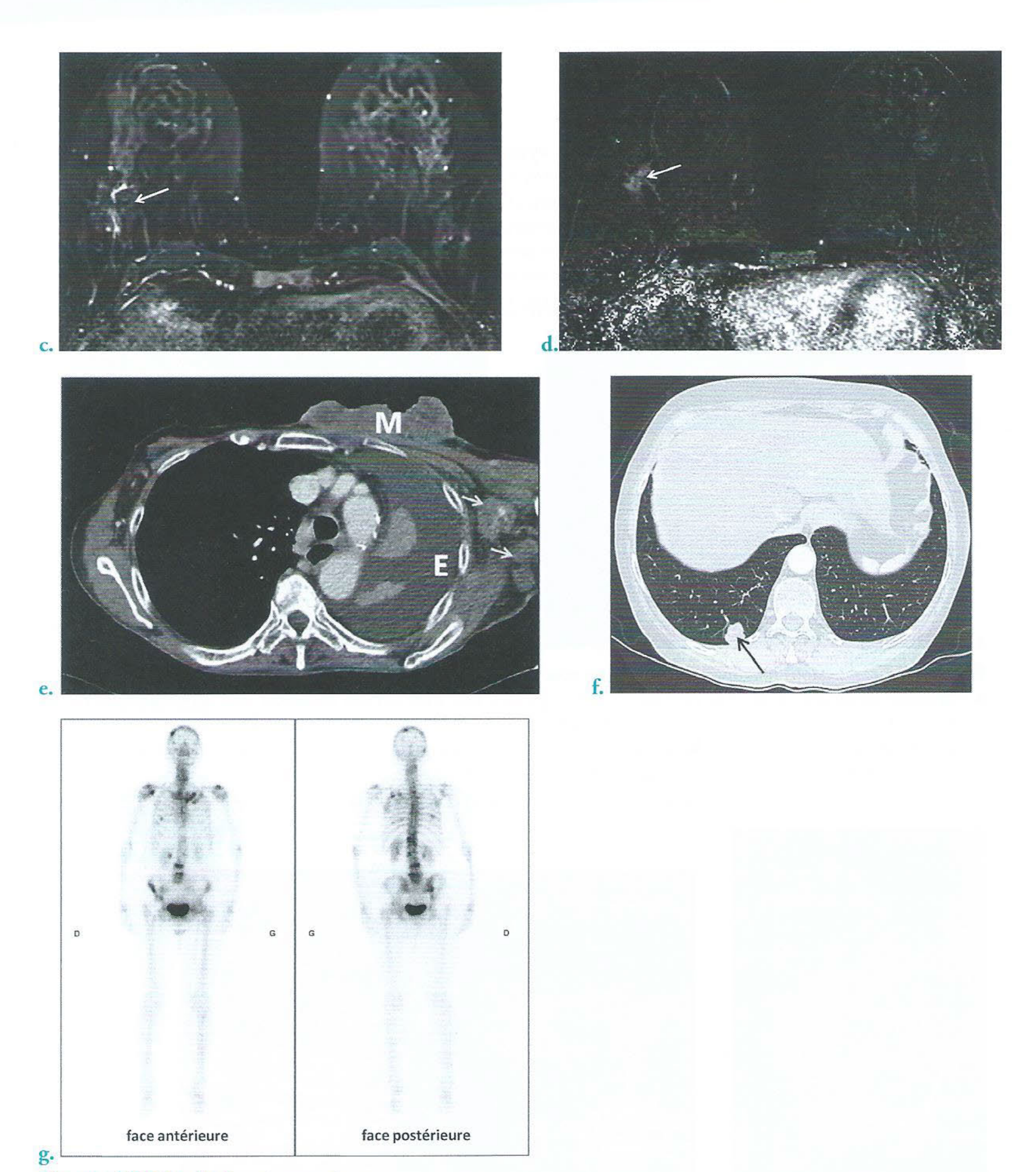


Figure 328 (suite) - Cancers du sein

c. et **d.** IRM mammaire, coupes axiales (même patiente que **b.**) ; **c.** séquence T2 avec saturation de la graisse. Masse spiculée (flèche) des quadrants externes du sein droit, de signal hétérogène ; **d.** séquence T1 après injection de produit de contraste et saturation de la graisse. Prise de contraste centrale de la masse, de stade 5 dans la classification BI-RADS ; **e.** TDM thoracique après injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre médiastinale. Masse polylobée du sein gauche (« M »), avec ulcération cutanée en regard. Épanchement pleural gauche (« E ») et adénopathies axillaires gauche (flèches). Mastite carcinomateuse gauche avec épanchement pleural métastatique et extension ganglionnaire axillaire homolatérale ; **f.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, coupe axiale, fenêtre parenchymateuse. Nodule pulmonaire polylobé sous-pleural de la base droite. Métastase pulmonaire d'un cancer du sein ; **g.** scintigraphie osseuse corps entier. Multiples hyperfixations du bassin, du rachis, des côtes, du crâne, de la clavicule gauche, des épaules. Métastases osseuses d'un cancer du sein.

Sous-partie 9

Onco-hématologie

Chapitre 35
Oncologie

L'imagerie des principaux cancers solides est détaillée par organe dans chaque chapitre correspondant. Les paragraphes suivants reprennent des généralités sur l'imagerie oncologique.

1 Anatomopathologie et épidémiologie

La fréquence du cancer concerné est donnée d'après les **données de l'Institut de veille sanitaire** (InVS) (estimations 2012 de l'incidence des cancers solides).
Les principaux **types anatomopathologiques** sont décrits.
L'**extension locale**, l'**extension ganglionnaire** et les **sites métastatiques** préférentiels sont détaillés afin que les modalités d'imagerie employées au bilan d'extension puissent être comprises.

2 Imagerie

Le diagnostic positif du cancer est **toujours histologique**. L'imagerie peut parfois **guider des prélèvements biopsiques**. L'imagerie trouve par ailleurs son rôle dans le **bilan extension**, locorégional et à distance, **le suivi sous traitement** et la **surveillance post-thérapeutique**. Dans certains cas, l'imagerie sert enfin à vérifier l'**absence de contre-indication** à un traitement à risque d'effets secondaires lourds (échographie cardiaque avant un traitement par anthracyclines notamment).

2.1 Modalités

Elles sont variables en fonction des organes : **échographie**, **TDM**, **IRM**…
La **TEP-TDM au 18-FDG**, d'utilisation plus récente, voit ses indications s'élargir, tant pour le bilan d'extension initial que le suivi sous traitement et la surveillance. Au contraire, la part de la **radiologie conventionnelle** (radiographie de thorax pour la recherche de lésions secondaires pulmonaires notamment) décroît, en raison d'une sensibilité insuffisante.

2.2 Signes positifs

Il faut toujours déterminer précisément la **localisation** du processus tumoral, sa **taille**, le **nombre** de lésions, en plus de ses **caractéristiques sémiologiques** spécifiques (échogénicité, densité ou signal, prise de contraste…)

2.3 Extension

2.3.1 Extension locale

Extension par contiguïté aux structures adjacentes (organes de voisinage, vaisseaux…).

2.3.2 Extension ganglionnaire

Présence d'**adénopathies suspectes** (par leur grande taille, leur forme arrondie, leur nombre…).

2.3.2 Extension métastatique

Lésions hépatiques, pulmonaire, cérébrales, osseuses, etc., dont les caractéristiques morphologiques ou métaboliques évoquent des **lésions secondaires**.

2.4 Complications

Elles doivent être systématiquement recherchées.

2.4.1 Complications locales

En fonction de la localisation du processus tumoral, on recherchera une dilatation de cavités pyélocalicielles (tumeur vésicale, prostatique), un effet de masse cérébral (tumeur cérébrale primitive ou secondaire), une compression médullaire (myélome, métastases osseuses), une occlusion (cancer du tube digestif.

2.4.2 Complications générales

En raison d'un terrain de thrombophilie, il faut notamment vérifier l'absence d'**embolie pulmonaire** si l'exploration comprend une TDM thoracique injectée. Des complications secondaires à la chambre implantable doivent aussi être recherchées (thrombus du cathéter, malposition).

2.5 Suivi

Il est réalisé sur des **examens successifs** grâce à la détermination de lésions « cibles » sur l'examen initial, puis aux mesures répétées de ces lésions.
Actuellement, les critères les plus employés pour évaluer la réponse thérapeutique sont les **critères « RECIST »** (acronyme de *Response Evaluation Criteria In Solid Tumors*). Ils consistent à mesurer le plus grand axe des lésions « cibles » (sauf pour les adénomégalies qui sont mesurées dans leurs petits axes). On réalise ensuite la somme de ces grands axes :

- en cas d'**augmentation de plus de 20 %** de la somme par rapport à la somme la plus faible obtenue au cours de l'évolution, ou si une nouvelle lésion apparaît, on parle de **progression** ;
- en cas de **diminution de plus de 30 %** de la somme par rapport à la somme sur l'examen initial, on parle de **réponse partielle** ;
- entre ces deux situations, il s'agit d'une **stabilité** ;
- enfin, la **réponse complète** est définie par la disparition complète des lésions « cibles ».

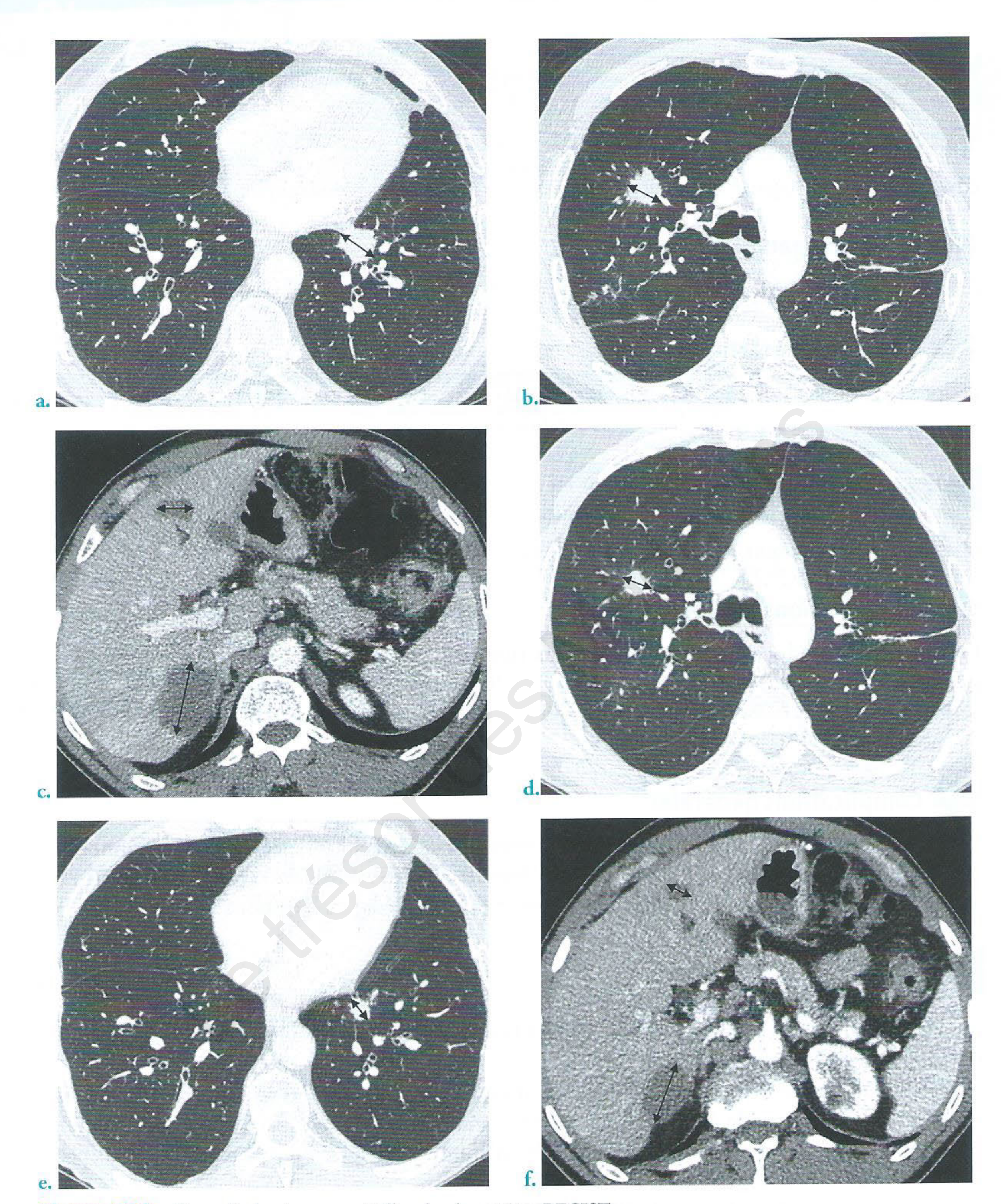


Figure 329 - Exemple de réponse partielle selon les critères RECIST

Suivi d'un cancer gastrique métastatique. **a.**, **b.**, **d.**, **e.** TDM thoracique avec injection de produit de contraste, fenêtre parenchymateuse. **c.**, **f.** TDM abdominale avec injection de produit de contraste. **a.**, **b.** et **c.** correspondent à l'examen initial préthérapeutique. Somme des lésions « cibles » : 20 mm (nodule pulmonaire du lobe supérieur droit, image **a.**) + 21 mm (nodule pulmonaire du lobe inférieur gauche, image **b.**) + 44 mm (lésion hépatique des segments postérieurs droits, image **c.**) + 22 mm (lésion hépatique du segment IV, image **c.**) = 107 mm. **d.**, **e.**, **f.** correspondent à l'examen sous traitement. Somme des lésions « cibles » : 15 mm (nodule pulmonaire du lobe supérieur droit, image **d.**) + 13 mm (nodule pulmonaire du lobe inférieur gauche, image **e.**) + 33 mm (lésion hépatique des segments postérieurs droits, image **f.**) + 13 mm (lésion hépatique du segment IV, image **f.**) = 74 mm, soit une diminution de 31 % : réponse partielle.

Pour aller plus loin

Lésions « cibles »

Elles sont choisies de façon à ce que leurs mesures répétées soient le plus reproductibles possible. Ainsi, les lésions de moins de 10 mm, ou des épanchements, ne peuvent être choisis comme lésions cibles. La dernière actualisation des critères RECIST (RECIST 1.1) préconise de ne pas choisir plus de cinq lésions cibles (dont pas plus de deux dans le même organe).

2.6 Classification TNM

Cette classification internationale (voir encadré ci-dessous) est jointe pour les tumeurs les plus fréquentes, conformément à la dernière actualisation (2009). En effet, le rôle de l'imagerie est souvent central pour déterminer le stade TNM.

IMPORTANT
Classification TNM

Elle définit trois éléments (critères cliniques et/ou d'imagerie et/ou d'anatomopathologie) :
- Le « T » correspond à la classification de la tumeur primitive (taille et extension aux organes de voisinage).
- Le « N » (pour « *node* », ganglion en anglais) décrit les envahissements ganglionnaires à distance.
- Enfin le « M » précise la présence ou l'absence de métastases à distance.

L'intérêt est pronostique et préthérapeutique. Cette classification permet enfin d'établir des comparaisons entre des groupes de patients.

Pour les tumeurs gynécologiques, c'est la classification FIGO (Fédération internationale des gynécologies obstétriciens) qui a été choisie, car c'est la plus employée.

Chapitre 36
Hématologie

Item n° 316. Lymphomes malins

Les principales hémopathies dans lesquelles l'imagerie possède un rôle important sont les lymphomes, incluant la leucémie lymphoïde chronique dans les critères de l'Organisation Mondiale de la Santé et les myélomes.

1 Lymphome

1.1 Anatomopathologie et épidémiologie

C'est une **prolifération maligne de tissu lymphoïde**. Il s'agit d'une maladie **polymorphe**, sur le plan histologique, dans la présentation clinique, comme en imagerie.

On distingue principalement le **lymphome hodgkinien** (caractérisé par la présence de cellules de Sternberg à l'examen anatomopathologique) et **non hodgkinien** (absence de cellule de Sternberg).

Le lymphome hodgkinien est le plus rare (10 % des lymphomes) et survient dans la plupart des cas soit chez l'adulte jeune (15-35 ans), soit après 55 ans.

Le lymphome non hodgkinien s'observe à tout âge, avec une augmentation de l'incidence après 60 ans. C'est l'hémopathie maligne la plus fréquente en France.

La plupart des formes sont **ganglionnaires** (ganglions superficiels palpables : axillaires, cervicaux, inguinaux ou ganglions profonds : médiastinaux, abdomino-pelviens). Environ 25 % des lymphomes non hodgkiniens sont primitivement **extraganglionnaires**, avec une atteinte ganglionnaire associée nulle ou peu importante. **La plupart des organes peuvent être atteints**, avec des fréquences variables. Les localisations extraganglionnaires préférentielles intéressent le **tube digestif** (en premier lieu l'estomac), le **cerveau** (éventuellement chez des patients immunodéprimés) et le **tissu cutané**.

L'extension se fait selon trois modes :

- **lymphatique** : de proche en proche par les relais ganglionnaires ;
- **de contiguïté** : à partir d'une adénopathie de voisinage ;
- **hématogène** : localisations **osseuses**, **hépatiques** et **pulmonaires**.

1.2 Imagerie

Le diagnostic est **histologique** sur un prélèvement biopsique (ganglionnaire ou autre), parfois guidé par imagerie. La recherche d'une extension médullaire se fait par la biopsie ostéomédullaire.

L'imagerie permet le **bilan d'extension ganglionnaire** initial (nombre d'aires ganglionnaires envahies), le **suivi sous traitement** et la **surveillance**.

1.2.1 Modalités

TDM cervico-thoraco-abdomino-pelvienne

Elle est **toujours réalisée** pour le bilan d'extension initial et le suivi, avec injection de produit de contraste. La TDM cervicale est indiquée dans certains cas (formes localisées, I-II notamment).

TEP-TDM au 18-FDG

Ses indications dans le lymphome sont bien reconnues, et son **rôle** est **désormais essentiel** pour le bilan initial de la maladie, l'évaluation de la réponse sous traitement et de la maladie résiduelle, et la détection précoce des récidives. Comparativement à la TDM seule, à la fois la sensibilité et la spécificité sont améliorées.

Autres examens spécifiques pour les localisations extraganglionnaires

IRM cérébrale, rachidienne, hépatique en fonction du tableau clinique.

1.2.2 Signes positifs

Adénopathies

Ganglions le plus souvent **multiples**, **arrondis**, **de grande taille** (petit axe supérieur à 15 mm pour les ganglions inguinaux, 10 mm pour la plupart des autres localisations), **hyperfixantes** en TEP. Des lésions « cibles » devront être mesurées afin de permettre une comparaison avec les examens suivants (pour l'évaluation de l'efficacité thérapeuthique). Les critères RECIST (*voir le chapitre Oncologie, page* 516) ne s'appliquent pas aux lymphomes. On utilise d'autres critères (appelés critères de Cheson) pour l'évaluation de la réponse thérapeutique. Ils reposent sur des mesures bidimensionnelles des adénomégalies (maximum 6 adénomégalies « cibles »). Le nombre de sites ganglionnaires atteints doit être précisé pour la classification de Ann Arbor.

Classification de Ann Arbor

Stade I	Atteinte d'une seule aire ganglionnaire ou d'une seule structure lymphoïde : rate (pour la maladie de Hodgkin, mais considéré en stade IV pour les lymphomes non hodgkiniens), thymus, anneau de Waldeyer
Stade II	Atteinte de deux aires ganglionnaires, ou plus, du même côté du diaphragme
Stade III	Atteintes ganglionnaires situées de part et d'autre du diaphragme
Stade IV	Une ou plusieurs localisations extraganglionnaires avec ou sans atteinte ganglionnaire

Creusons le sujet

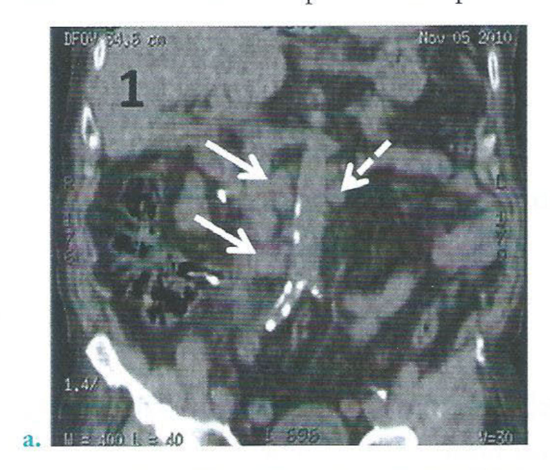
À cette classification en 4 stades s'ajoutent :
- la **lettre « E »** en cas d'atteinte viscérale contiguë à une atteinte ganglionnaire ;
- la **lettre « X »** désigne les lymphomes médiastinaux « bulky », c'est-à-dire ayant un grand volume tumoral (masse ganglionnaire de plus de 10 cm ou élargissement médiastinal supérieur à un tiers du diamètre thoracique maximal sur la radiographie de thorax) ;
- la **lettre « A »** (absence de signes généraux) ou B (présence de signes généraux, soit au moins deux des items suivants : fièvre, au moins 38° pendant huit jours consécutifs sans infection patente, sueurs nocturnes, perte de poids inexpliquée d'au moins 10 % du poids du corps au cours des six mois précédents).

Atteinte splénique

Splénomégalie ou **lésions focales** (unique ou multiples) hypo- ou anéchogènes en échographie, hypodenses peu rehaussées en TDM, rate hyperfixante en TEP.

Extension de continuité

Anomalies viscérales **au contact d'adénopathies** (atteinte par exemple de muscle psoas ou du rein secondaires à des adénopathies rétropéritonéales).

a.


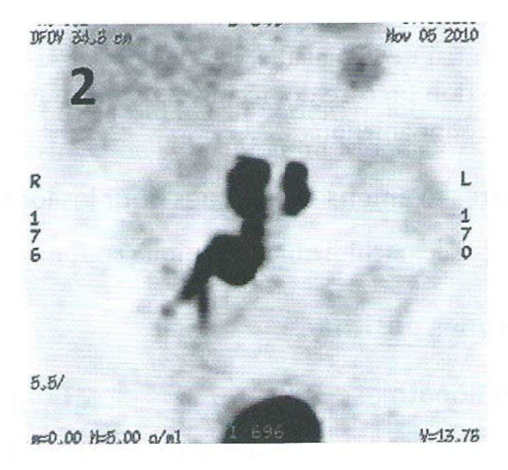
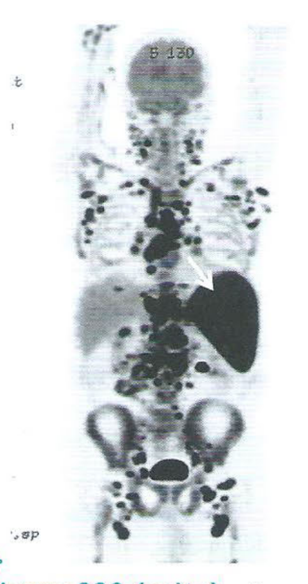


Figure 330 - Lymphomes

a. TEP-TDM au 18-FDG, reconstructions coronales centrées sur l'abdomen et le pelvis : 1 : image TDM ; 2 : image scintigraphique ; 3 : image fusionnée. Adénopathies interaortico caves (flèches pleines sur l'image 1) et latéro-aortiques gauche (flèche pointillées), hyperfixantes (en noir sur l'image 2). Lymphome B à grandes cellules.


b.

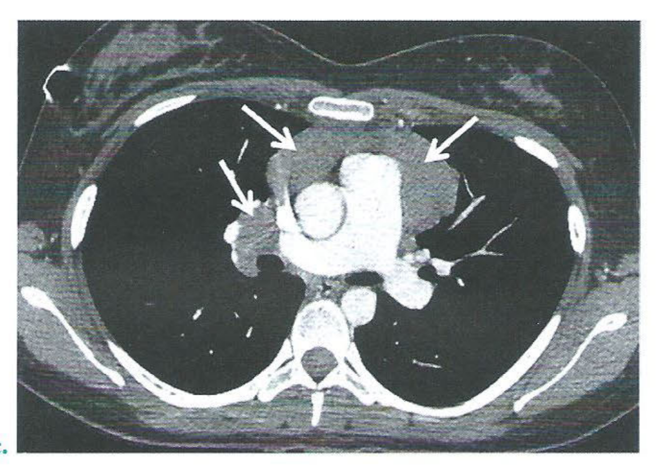

c.

Figure 330 (suite) - Lymphomes
b. TEP-TDM au 18-FDG. Image scintigraphique reconstruite en coupe coronale et en projection d'intensité maximale (MIP). Multiples hyperfixations (en noir) nodulaires de l'ensemble des aires ganglionnaires (cervicales, axillaires, médiastinales, abdomino-pelviennes, inguinales) et de la rate (flèche). Lymphome du manteau ; c. TDM thoracique avec injection de produit de contraste en coupe axiale, fenêtre médiastinale. Masses ganglionnaires hypodenses (flèches) du médiastin antérieur et du hile droit. Maladie de Hogdkin.

2 Myélome

Le myélome est détaillé dans les pathologies de l'appareil locomoteur *(voir « Myélome multiple des os » page 383)*.

Index

Les numéros de page en bleu renvoient à des clichés d'imagerie.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Création de la maquette, mise en pages : Christelle Defretin

Achevé d'imprimer en septembre 2015
par l'imprimerie Van den Poorten
N° d'édition : 15 027
Dépôt légal : octobre 2015

Imprimé en Belgique

La nouvelle édition d'*Imagerie médicale pratique* vous aidera à vous approprier les connaissances et les méthodes indispensables à l'utilisation et à l'interprétation de l'imagerie médicale, tout au long de vos études de médecine et particulièrement pour vos ECN.

LES TECHNIQUES D'IMAGERIE

Cet ouvrage aborde en détails et de façon organisée :

- les différentes techniques et leurs principes physiques ;
- les indications et contre-indications des examens ;
- les modalités de réalisation et la radioprotection ;
- la lecture et la compréhension des clichés d'imagerie normale.

LA SÉMIOLOGIE RADIOLOGIQUE PAR APPAREILS

Ce guide étudie de façon exhaustive la sémiologie pathologique propre à chaque appareil :

- de nombreux rappels physiopathologiques permettent de faire le lien entre pathologie et sémiologie radiologique ;
- les modalités et les méthodes de lecture des clichés d'imagerie sont détaillées pour chaque pathologie ;
- une iconographie abondante et commentée illustre tous les cas de figure.

LES LIENS AVEC LE NOUVEAU PROGRAMME DES ECNi

Un renvoi systématique aux items du nouveau programme facilitera vos révisions.

Constance de Margerie-Mellon est chef de clinique en radiologie et conférencière d'ECN à Paris.

ISBN : 978-2-84371-825-0

9 782843 718250

SEMRAD

www.estem.fr